



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Studien zum Farbübertragungsprozeß in Druckwerken

Wagenbauer, Kurt
(1964)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.12921/tuprints-00017413>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/17413>

Studien zum Farbübertragungsprozeß in Druckwerken

Von Kurt Wagenbauer, Darmstadt

Sonderdruck aus „Archiv für Druck und Papier“ Heft Nr. 4/64

STUDIEN ZUM FARBÜBERTRAGUNGSPROZESS IN DRUCKWERKEN

VON KURT WAGENBAUER, DARMSTADT

STUDIES OF INK TRANSFER PROCESS IN PRINTING SYSTEMS

The investigations discussed in this paper primarily deal with the peeling behavior of paper during its separation from the ink layer and with the ink splitting process itself; whereby, reference has been made to related works. In these investigations, high speed cinematographic and electronic methods of measurement were employed.

Serial photographs of the peeling process in various types of machines served to give a general understanding of the process. The interrelationships were studied in greater detail using a printing apparatus coupled with an offset rotary press. The variables of the process—namely, the position of the take-off angle and the tensile stress in the paper—were measured as a function of the position of the cylinder. The influence of the machine speed was also investigated.

Various types of paper were printed and the influence of certain paper properties on the peeling process ascertained. It could be shown that during the transfer of interrupted ink films (striped pattern), the printing process, owing to the concomitant periodic stress release, is subjected to additional factors.

The radius of curvature in the region of the change in direction of the paper was experimentally determined for two different take-off angles. With the aid of a two-disc printing system, the influence of cylinder diameter on the peeling process could be determined. In addition, the stress distribution in sheets held by grippers was briefly discussed.

During the printing process, the ink layer, as a result of the momentary bending of the paper during peeling, initially undergoes compression and then, during splitting, tension. This process was also observed experimentally and the result compared with an already existing theory.

High speed cinematographic analyses of the ink splitting behavior of various printing inks were undertaken on the printing apparatus. The testing device comprised a rotary optical system and a dot or line forme illuminated by either a stationary or rotating flash.

Using the testing technique herein described, it was possible, at any desired magnification, to follow the ink splitting process in a single region over a broad range of controllable time spans, while the cylinder was revolving. Thus, interesting phenomena of the splitting process, especially filament withdrawal and speed-dependent behavior, could be observed more closely.

VORWORT

Die vorliegende Arbeit ist im Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der TH Darmstadt entstanden und wurde mit staatlicher und industrieller Unterstützung durchgeführt. Dem Verfasser ist es ein Anliegen, für alle erhaltenen Hilfen, die leider hier nicht eingehender angeführt werden können, herzlich zu danken.

Besonderen Dank möchte ich aber dem Institutsdirektor Herrn Prof. Dr. Eschenbach für die große und vielfältige Förderung dieses Vorhabens sowie den Mitarbeitern des Instituts aussprechen, die ebenfalls zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

1. EINLEITUNG

Der Farbübertragungsprozeß ist ein von Druck- und Maschinenbedingungen sowie von Farbe und Papier beeinflusster komplexer Vorgang. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, zur Klärung spezieller Zusammenhänge auf experimentellem Wege beizutragen, wobei durch Entwicklung geeigneter Meßmethoden, die auf hochgeschwindigkeitskinematographischen und elektronischen Verfahren basieren, Grundlagen für weiterführende Untersuchungen geschaffen werden sollten.

Bei der Wiedergabe dieser Arbeit ist angestrebt worden, auf unwesentliche Details zu verzichten. Bekanntes wurde nur soweit wie notwendig kurz zitiert. Entbehrliche Ausführungen zur experimentellen Durchführung und damit zusammenhängende Probleme blieben unberücksichtigt.

Untersuchungsergebnisse wurden schon früher bekanntgegeben, u. a. im Februar 1964 auf dem Printability Symposium an der Lehigh University, Bethlehem, USA.

1.1 ALLGEMEINE AUSFÜHRUNGEN ÜBER DRUCKFARBE UND PAPIER SOWIE ZUR AN- GEWENDETEN UNTERSUCHUNGSTECHNIK

1.11 Druckfarbe und Papier

Druckfarben bestehen aus dem im vorliegenden Fall hochviskosen Bindemittel und dem färbenden Pigment. Als pigmentierte Substanzen liegen sie ihrem Fließverhalten entsprechend zwischen *Newtonschen* Flüssigkeiten und *Hookeschen* Körpern und können als verallgemeinerte *Bingham-Körper* angesehen werden. Der *Bingham-Körper* ist dadurch gekennzeichnet, daß nach vorausgegangener elastischer Verformung beim Überschreiten der existierenden Fließgrenze linearviskoses Fließen einsetzt. Druckfarben weisen im allgemeinen auch Eigenschaften auf, die das linearviskose Verhalten beeinflussen, z. B. beim Vorhandensein von Thixotropie [1].

Die Farbspaltung kann bei hohen Maschinengeschwindigkeiten als viskoelastischer Vorgang angesehen werden [2]. Der Zusammenhang zwischen Viskosität und Elastizität ergibt sich aus dem *Maxwellschen* Relaxationstheorem [3] und kann durch folgende Differentialgleichung beschrieben werden:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{\eta} S + (1/G) \cdot (dS/dt)$$

viskoser elastischer
Anteil

γ Gesamtverlagerung	η Viskosität = $\frac{S}{dv/dy} = \text{const.}$
t Beanspruchungsdauer	dv/dy Geschwindigkeitsgefälle
S Schubspannung	G Schubmodul

Das viskoelastische Verhalten von Druckfarben ist anschaulich durch ein aus Feder und Dämpfungssystem bestehendes mechanisches Modell [4] zu beschreiben.

Von den in diesem Zusammenhang interessierenden Eigenschaften des Papiers sind die Glätte, Biegesteifigkeit und Dehnung hervorzuheben. Werden zur Beurteilung des Bedruckbarkeitsverhaltens Farbübertragungskurven aufgestellt, so ist es möglich, durch die aus der Farbübertragungsgleichung [5] [6] zu ermittelnden Konstanten wichtige Papiereigenschaften unter drucktechnischen Verhältnissen zu kennzeichnen.

[7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]

1.12 Hochgeschwindigkeitskinematographie

Bei der Durchführung dieser Arbeit dienten Verfahren der Hochgeschwindigkeitskinematographie vornehmlich meßtechnischen Zwecken.

Zur übersichtlichen Kennzeichnung der interessierenden Bewegungsabläufe wurde eine 16-mm-*Fastax*-Zeitlupenkamera verwendet. Bei diesem Kamertyp, der bis 8000 Bilder/s aufzunehmen gestattet, muß wegen der hohen Filmgeschwindigkeit die intermittierende von der kontinuierlichen Filmbewegung abgelöst werden. Die Bildtrennung wird hierbei durch ein zwischen Objektiv und Filmebene rotierendes Prisma erreicht. Nach diesem Prinzip arbeitende Kameras werden infolge ihrer Einfachheit häufig eingesetzt, da die verfahrensbedingten Bildfehler für viele Anwendungen unerheblich sind.

An Stelle irgendeines der verschiedenen Systeme mit optischem Ausgleich, der bewirkt, daß die Bilder relativ zur Filmbewegung stillstehen, kann der aufzunehmende Vorgang auch von sehr kurzzeitigen Funken beleuchtet und dadurch auf dem bewegten Film praktisch unschärfefrei abgebildet werden. Von den durch Entladen einer Funkenstrecke über Kondensatoren erzeugten Funken wird für kinematographische Zwecke verlangt, daß sie mit großer Lichtstärke sehr kurzzeitig einwirken, damit Bewegungsunschärfen vermieden und ausreichende Filmschwärzungen gewährleistet werden.

Bild 1 zeigt das Schaltschema eines Entladungskreises.

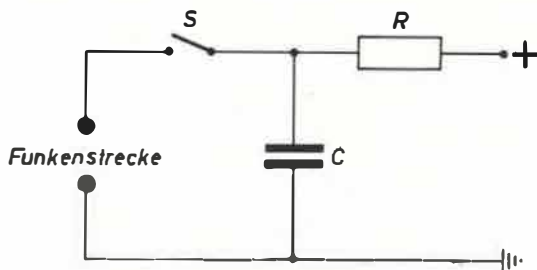


Bild 1 Grundschialtung zur Erzeugung eines Funkens [z. B. 16]

$$\text{Energie des Kondensators } A = 1/2 CU^2$$

C Kapazität U Aufladenspannung

Leistungsstroboskope erlauben es, die für technische Anwendungen geforderten qualifizierten Funkenfolgen von im weiten Bereich regelbarer Frequenz zu erzeugen. Das für die Untersuchungen verwendete Hochfrequenz-Blitzgerät *Strobokin* von *Frügel* weist eine mit Edelgas (Argon, Krypton, Xenon) von 2 — 5 at Druck zu füllende demontable Funkenkammer und eine Wasserstoff-Löschfunkenstrecke auf, die als hochfrequenter Schalter wirkt und Funkenfolgen höherer Frequenz ermöglicht. Der entstehende Hochdruckfunke ist ungefähr punktförmig und praktisch frei von Wärmestrahlung, die Blitzdauer liegt im Mikrosekundenbereich (bei Verwendung von Argon mit 30 % Wasserstoffbeimengung kann die wirksame Belichtung auf 1 µs beschränkt werden). Die Funkenfolgen sind im Frequenzbereich von 16 — 50 000/s regelbar. (Eine neue Ausführung ermöglicht noch höhere Frequenzen.) Die frequenzabhängige Energie pro Blitz beträgt 1 — 10 Ws.

Apparativ besteht das eingesetzte *Strobokin* aus der Blitzlampe, einem leistungsstarken Stromversorgungsgerät, dem Steuergerät für die Blitzlampe, einem Dosiergerät und Retarder zum elektronischen Starten und Stoppen von Blitzserien mit eingestellter Zeitdauer sowie dem akustischen bzw. optischen Auslösegerät *Akulibar*, das im vorliegenden Fall den Retarder zum Auslösen der Blitzserie startet.

In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, daß die Blitzfolge einen Zeitmaßstab liefert, der erforderlichenfalls durch Anwendung der Quarzsteuerung eine sehr große Genauigkeit erhält (Steuergerät ist mit drei wählbaren Quarz-Frequenzen ausgestattet).

Auf dem Gebiet der Mikrokinematographie ist das *Strobokin* wegen der sehr kurzen Blitzdauer, des kalten punktförmigen Funkens und einer verfügbaren abgeschmolzenen Speziallampe mit Xenon-Füllung, die sich in eine handelsübliche Mikroskopierleuchte einbauen läßt, vorteilhaft anzuwenden.

Wird mit bewegtem Film gearbeitet, so ist es bei Verwendung des *Strobokins* sinnvoll, als photographische Einrichtung die Trommelkamera zu wählen (Film ist auf eine mit konstanter Geschwindigkeit rotierende Trommel gespannt). In bestimmten Fällen kann es auch vorteilhaft sein, eine Zeitlupenkamera mit optischem Ausgleich (z. B. *Fastax*) mit dem Funkenblitzgerät zu synchronisieren.

Die bei Zeitlupenaufnahmen auftretenden kurzen Belichtungszeiten erfordern im allgemeinen Filmmaterial von hoher Empfindlichkeit mit gutem Auflösungsvermögen.

[15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22]

1.13 Piezoelektrisches Meßverfahren

Für die im Rahmen der vorliegenden Meßprobleme zu erfassenen Kräfte wurde das piezoelektrische Verfahren herangezogen. Hierbei werden an Piezokristallen durch mechanische Beanspruchung entstehende elektrische Ladungen, die proportional zur einwirkenden Kraft sind, unter Verwendung einer Elektrometerröhre in zu registrierende Spannungen umgewandelt.

Es wurden Aufnehmer auf Quarzbasis verwendet, welche u. a. als besondere Vorteile die statische Eichmöglichkeit, eine hohe Eigenfrequenz und Meßempfindlichkeit und den großen Meßbereich aufzuweisen haben. Diese Aufnehmer wurden in den geschaffenen Meßsystemen durch Gewichtsbelastung geeicht. Die Eichergebnisse für die verschiedenen Systeme konnten in den Diagrammen ausreichend genau durch Gerade wiedergegeben werden.

[23] [24]

2. TRENNVERHALTEN DES PAPIERS

Beim Druckprozeß wird das Papier mit der Farbe auf geeignete Weise in Kontakt gebracht und im Verlauf des Vorgangs wieder von der Farbschicht abgezogen. Die Erscheinung, daß sich das bedruckte Papier nicht unmittelbar nach Beendigung des Einwirkens von Druckkräften von der Farbschicht trennt, ist in Fachkreisen bekannt. Für die Verhältnisse des Offsetdrucks haben insbesondere *Borchers* und *Bruno* [25] sowie *Reed* [26] diese Erscheinung herausgestellt.

2.1 Einleitende Untersuchungen und allgemeine Ausführungen

Der Verfasser hat für verschiedene Maschinensysteme hochgeschwindigkeitskinematographisch das Bewegungsverhalten des bedruckten Papiers beim Trennvorgang untersucht. In Bild 2 wird durch einzelne Phasenbilder (Gegenlicht-Aufnahmen) überblicksmäßig veranschaulicht, daß bei den verschiedenen Farbübertragungsmechanismen das Abziehen des Papiers winkelförmig erfolgt.

Der Ort, an dem sich das bedruckte Papier trennt, ist während des Druckvorgangs im allgemeinen nicht konstant und von verschiedenen Einflußfaktoren abhängig. Werden bei konstanter Druckgeschwindigkeit ununterbrochene Farbschichten (Volltonfläche) mittels einer Rollenrotationsmaschine übertragen, so

ändert sich die Trennstelle nur unwesentlich, da Schwankungen der Bahnspannung und andere Störquellen nur einen untergeordneten Einfluß ausüben. In bogenverarbeitenden Druckmaschinen [Tiegel, Flachformmaschine (Schnellpresse) und Bogenrotationsmaschine] wird der Ort der Bogentrennung während des Druckvorgangs wesentlich von der Greiferposition beeinflusst.

In Bild 3 sind drei Phasenbilder aus einem mit der *Fastax*-Kamera aufgenommenen 16-mm-Zeitlupenfilm über den Verlauf der Bogentrennung in einer mit der Offset-Bogenrotationsmaschine gekoppelten Druckapparatur wiedergegeben.

Die Phasenbilder wurden bei verschiedenen Zylinderpositionen, welche auf den Druckanfang bezogen, im Bereich von 10° , 40° und 120° liegen, entnommen (vgl. in den Bildern die Zahlenwerte einer mitlaufenden Skala). Anhand der äußeren feststehenden, mit einer Gradeinteilung versehenen Skala ist leicht zu verfolgen, daß die Lage der Trennstelle nicht konstant bleibt. Daher ändert sich auch im Verlauf des Vorgangs der Winkel, mit dem das Papier von der Farbschicht abgezogen wird. Bei dem hier gezeigten Vorgang tritt Rupfen auf, und zwar nimmt die Rupftendenz mit der im Verlauf des Druckvorgangs steiler werdenden Abziehrichtung zu. Auf diese vom Trennwinkel beeinflusste Erscheinung wird später nochmals eingegangen.

Um das Trennverhalten eingehender studieren zu können, wurde eine Untersuchungseinrichtung geschaffen, bestehend aus der mit einer Offset-Bogenrotationsmaschine gekoppelten Druckapparatur, der kinematographischen Einrichtung sowie elektronischen Meß- und Steuergeräten.

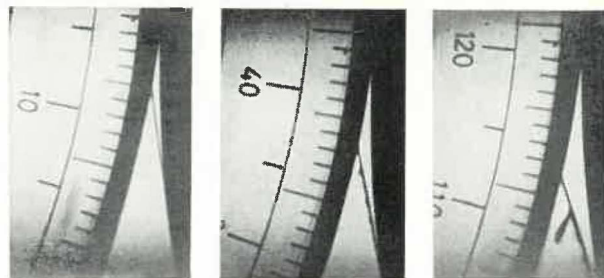


Bild 3 Trennverhalten bei verschiedener Greiferposition (Gegenlichtaufnahme)

Mit Hilfe dieser Einrichtung ist das Bewegungsverhalten des Papiers beim Druckprozeß, also der Ort der Bogentrennung, und gleichzeitig die an der Einspannstelle auftretende Zugkraft in Abhängigkeit von der Zylinderstellung phasentreu miterfaßt worden. Um den Einfluß verschiedener Papiereigenschaften herauszustellen, wurden sehr unterschiedliche Papiere bei diesen Untersuchungen verwendet.

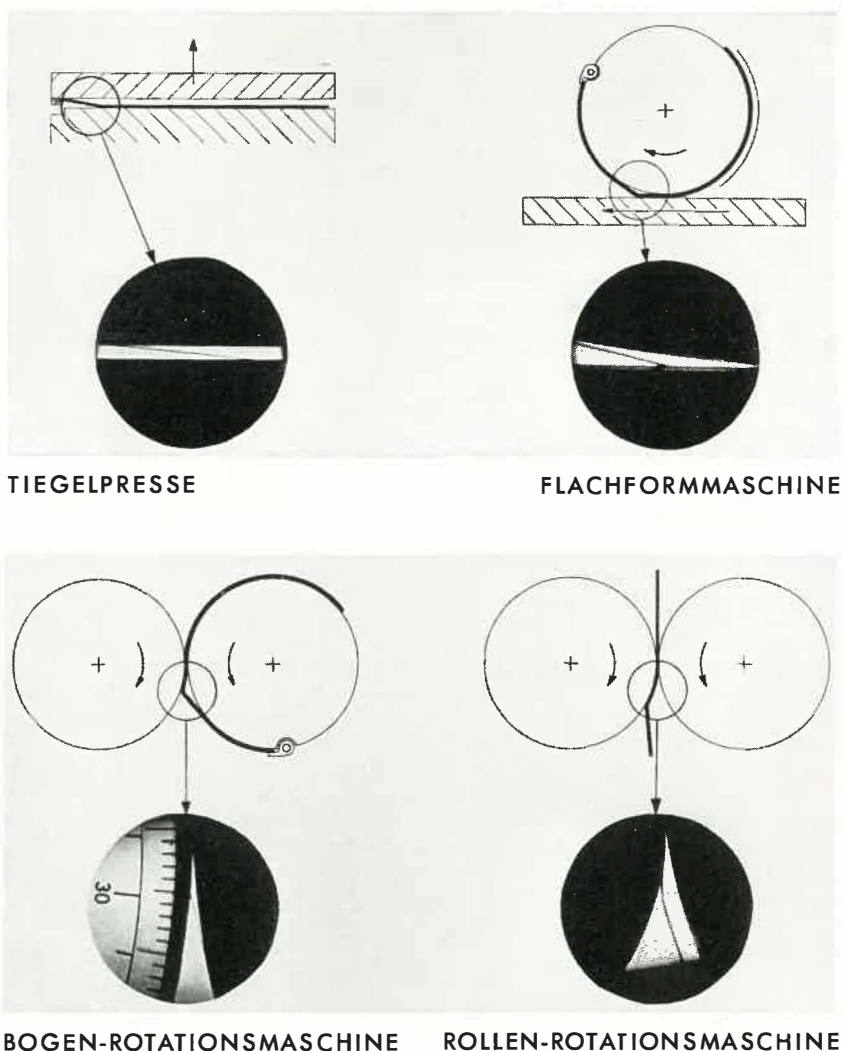
Über das Meßverfahren und grundlegende Ergebnisse wurde vom Verfasser dieser Arbeit bereits auf der *Sixth International Conference of Printing Research Institutes* im Mai 1961 berichtet.

Zum gleichen Problem legten A. B. Truman und F. L. Hudson im November 1961 einen Beitrag vor [27].¹

¹ Meeting of Northern Division: Engineers' Club, Manchester on 8th November 1961.

Bild 2

Abziehen des Papiers von der Farbschicht in verschiedenen Druckmaschinensystemen
(Einzelne Phasenbilder aus mit der *Fastax*-Kamera aufgenommenen Zeitlupenfilmen)



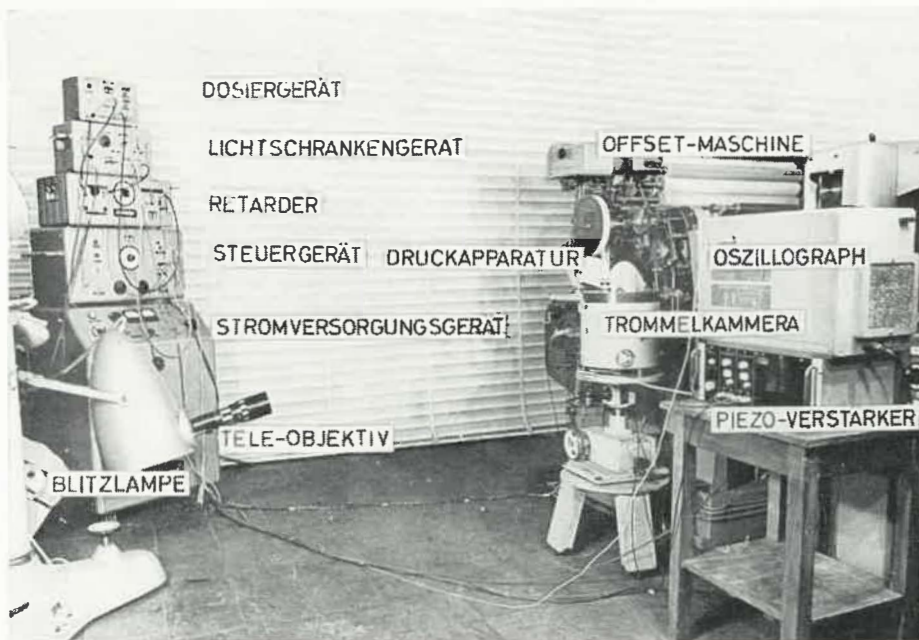


Bild 4 und Bild 5

Untersuchungsanlage zum Erfassen des beim Bedrucken von Papier auftretenden Bewegungs- und Kraftverlaufs

Offsetmaschine: Roland Parva R II

Bild 4

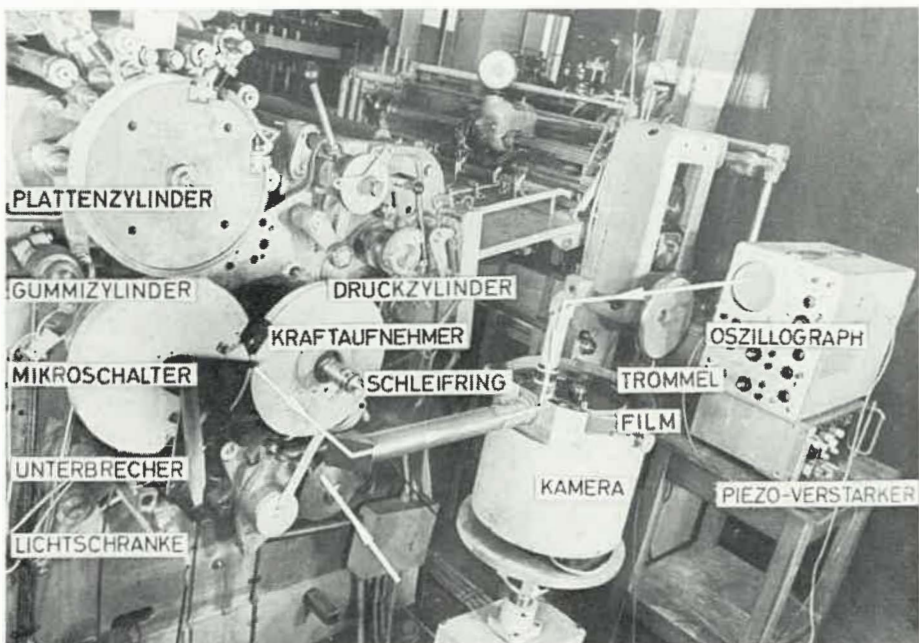


Bild 5

2.2 Untersuchungseinrichtung

Bild 4 und Bild 5 zeigen die unter Beibehaltung der Grundkonzeption verbesserte Anlage für die im folgenden wiedergegebenen Untersuchungen über das Trennverhalten des Papiers.

Die Untersuchungsanlage besteht im wesentlichen aus der Druckapparatur, der hochgeschwindigkeitskinematographischen Einrichtung und dem System zum Erfassen von Zugkräften. Platten-, Gummi- und Druckzylinder der Untersuchungseinrichtung sind mit den entsprechenden Zylindern einer Offset-Bogenrotationsmaschine fest verbundene Scheiben. Daher bleibt sowohl antriebsmäßig als auch in bezug auf die Anpreßdruck-An- und Verstellung der Funktionsmechanismus der Produktionsmaschine wirksam. Außerdem wurde vorgesehen, daß die Druckform des Plattenzylinders der Untersuchungseinrichtung durch Umspannen in der Produktionsmaschine eingefärbt werden kann.

Die hochgeschwindigkeitskinematographische Apparatur besteht aus den Einrichtungen zur Erzeugung von in bezug auf Einsatzbeginn, Frequenz und Dauer einstellbaren Blitzserien (Strobokin der Fa. Impulsphysik Dr.-Ing. Frank Früngel GmbH., Hamburg-Rissen) und der Trommelkamera.

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde für die Funkenkammer nicht der normalerweise vorgesehene Glaszylinder verwendet, sondern ein speziell gefertigtes Plexiglasgehäuse mit dem eingebauten, einer vorhandenen Mikroskopierlampe entnommenen Kondensorsystems.

Das einmalige Starten der Blitzserie² im Betriebszustand der Maschine bei einer bestimmten Zylinderstellung wurde auf folgende Weise gewährleistet: Bei laufender Maschine werden über den Druckanstellmechanismus die drei Zylinder durch Verlagern des Gummizylinders miteinander in Kontakt gebracht und der Druckvorgang eingeleitet. Während dieses Vor-

² Schaltstellung einmaliges Starten — Sonderausführung des Herstellers für das Institut.

gangs wird ein Mikroschalter (vgl. Bild 5) betätigt, wodurch das Hochfrequenz-Blitzgerät auf einmaliges Starten der Serie geschaltet wird.

Der genaue Einsatz dieser Serie wird über eine Lichtschranke ausgelöst und kann über den verstellbaren Unterbrecher variiert werden. Bei Trommelkameraaufnahmen müssen Blitzfrequenz, Dauer der Serie und Trommelgeschwindigkeit aufeinander abgestimmt sein.

Für den Bau der Trommelkamera wurden wesentliche Teile einer handelsüblichen Ausführung mitverwendet. Auf die mit wählbarer Drehzahl gleichmäßig rotierende Trommel ist 35-mm-Film von etwa 64 cm Streifenlänge zu spannen. Dieser Filmstreifen nimmt bei laufender Trommel über das eine Objektiv die Phasenbilder des durch die Blitzserie intermittierend beleuchteten Bewegungsvorgangs auf, während über das zweite Objektiv ein oszillographischer Vorgang eingespiegelt wird³.

Zur Kraftmessung wurden piezoelektrische Kraftaufnehmer auf Quarzbasis (Druckgeber 701 von Kistler Instrumente AG., Winterthur) verwendet, die es ermöglichten, praktisch weglos zu messen. Zur Meßwertübertragung vom rotierenden Druckzylinder auf den Piezo-Verstärker (Piezo-Amplifier Type TA-1/A und Power Unit Type TP-220/A von Vibro-Meter AG., Fribourg) muß ein Schleifringgerät⁴ mit hohem Isolationswiderstand verwendet werden. Der Kraftverlauf wird durch einen Zweistrahloszillographen (Tektronix Dual-Beam Oscilloscope Type 502) wiedergegeben und mit Hilfe des 2. Objekts der Trommelkamera registriert. Die Hellsteuerung des Oszillographen erfolgt über die Serienauslösung des Strobokins für die Zeitdauer der Blitzserie⁵.

Die Eichung des Kraftaufnehmers erfolgte statisch durch Aufbringen von stufenweiser Gewichtsbelastung am Papierstreifen. Registriert wurden die Eichwerte über die Meßanlage, so daß zwischen Eichung und Messung weitgehende diesbezügliche Übereinstimmung bestand.

Um Störeinflüsse elektromagnetischer Felder [28] [29] bei der gleichzeitig während der Blitzserie erfolgenden Kraftmessung weitgehend auszuschalten, wurde die Blitzlampe abgeschirmt (in Bild 4 ohne Abschirmung wiedergegeben) und das Strobokoin zur piezoelektrischen Meßeinrichtung in größerem räumlichen Abstand angeordnet. Das Funkenlicht mußte daher über ein Teleobjektiv an das Objekt herangeführt werden.

In Bild 6 sind die wesentlichen Einzelheiten der Druckapparatur wiedergegeben. Der Kraftaufnehmer ist von einem Durcotongehäuse umgeben, das auf dem Druckzylinder angeordnet ist. Vor dem aktiven Teil der Stirnfläche des Aufnehmers befindet sich die Streifenhalterung (Durcoton). Die zu verbindenden Teile wurden verklebt. Das für einen speziellen Fall eingesetzte Zweistreifensystem ist prinzipiell gleichartig aufgebaut. Auf dem Gummizylinder ist eine mitlaufende Skala befestigt, die in Winkelgrade geteilt ist. Die Null-Grad-Markierung entspricht dem Druckanfang, also dem Einfärbebeginn. Vor dem Gummizylinder ist eine ebenfalls mit einer Gradeinteilung versehene feststehende Skala angeordnet, deren Nullmarkierung auf der Verbindungslinie der Mittelpunkte von Gummizylinder und Druckzylinder liegt. Auf diese Weise ist bei der Auswertung der Phasenbilder die Trennstelle des Papiers in Abhängigkeit von der Zylinderstellung unmittelbar zu erfassen.

Der beim Trennen des Papiers ablaufende Vorgang kann wie folgt skizziert werden (vgl. Bild 6, oben). Kurz nach Druckbeginn, wenn also die Einspannstelle in Position B_1 ist, befindet sich die Trennstelle bei A_1 . Ist im Verlauf des Vorgangs die Einspannstelle nach B_2 gelangt, so hat sich die Trennstelle nach A_2 verschoben. Dabei ist die freie Länge des Papiers wesentlich größer geworden ($A_2B_2 > A_1B_1$).

³ Bekannt war das 2-Objektiv-System der Fastax-Kamera (dort werden die beiden Vorgänge jedoch phasenverschoben wiedergegeben).

⁴ Schleifringgerät der Fa. Brosa Tettnang, das zur Übertragung von zwei Meßwerten erweitert wurde.

⁵ Strahlunterdrückung und Hellsteuerung am Oszillographen über eine von der Tektronix Vertriebsfirma Rohde & Schwarz eingebaute Zusatz-einrichtung.

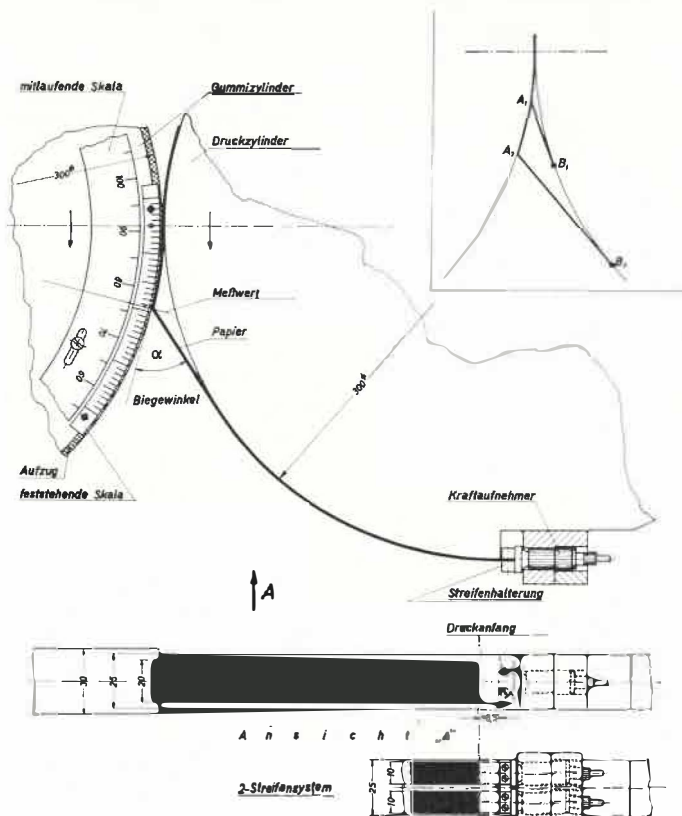


Bild 6 Ausschnittsweise wiedergegebene Druckapparatur mit Darstellung des Trennvorgangs

Ein Meßvorgang gestaltete sich folgendermaßen:

Zunächst wurde die Druckform (Messingband) in der Offsetmaschine bei konstanter Geschwindigkeit eingefärbt, und nach dem Umspannen der Druckform wird in der Druckapparatur bei gleicher Geschwindigkeit Farbe auf den Gummizylinder übertragen. Daraufhin werden der Papierstreifen (in der Regel 20 mm breit, etwa 56 cm lang) in der Einspannvorrichtung befestigt, das Streifenende am Druckzylinder mit etwas Farbe fixiert sowie Druckmaschine und Trommelkamera auf die gewünschten Geschwindigkeiten gebracht. Nach dem Betätigen des Druckanstellhebels erfolgt praktisch gleichzeitig das Auslösen der Blitzserie, das Hellasten des Oszillographen und das einsetzende Bedrucken des Papiers (Farbmenge auf sattes Ausdrucken abgestimmt).

Obwohl während der Untersuchungsreihe die konstante Farbmenge im Maschinenfarbwerk durch die vom Einfärben des Messingstreifens bedingten kleinen Farbentnahmen nicht wesentlich beeinflusst wird, ist trotzdem intervallmäßig die entnommene Farbe in etwa wieder ersetzt worden. Die Druckanstellung betrug 0,1 mm, gedruckt wurde mit handelsüblichen Farben, der Maschinenraum war klimatisiert, die Raumtemperatur lag bei 20° C und konnte auf \pm einige Zehntel °C konstant gehalten werden.

2.3 Ergebnisse

Wird als Druckform eine Volltonfläche verwendet, so erhält man Ergebnisse in der durch Bild 7 und Bild 8 wiedergegebenen Art. Anhand dieser Bilder läßt sich der Trennverlauf unter Verwendung beider Skalen definiert verfolgen, und man sieht deutlich, daß die Trennstelle in Richtung der Spaltöffnung wandert. Die hierbei auftretende Zugkraft erreicht sehr schnell das Maximum, verflacht nach zunächst ausgeprägterem Abfall und fällt beim Trennen des Bogenendes sprunghaft auf Null.

Da für diese Untersuchungen ein Zweistrahloszillograph verwendet wurde, konnten der eine Strahl zur Registrierung des

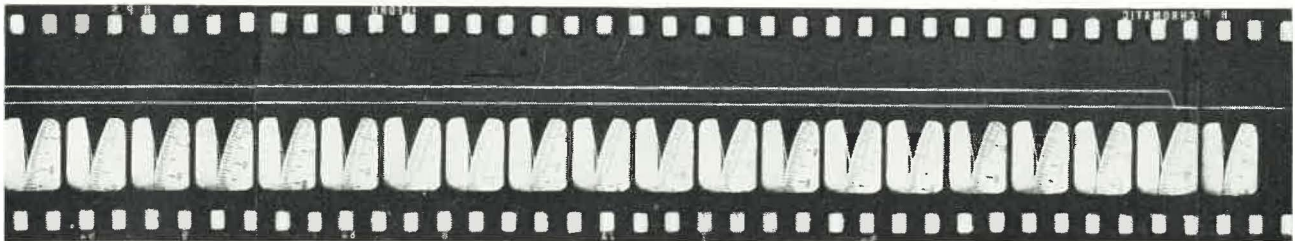
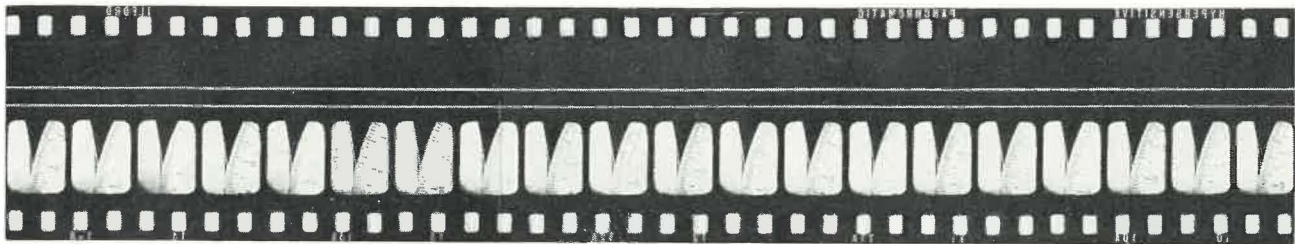
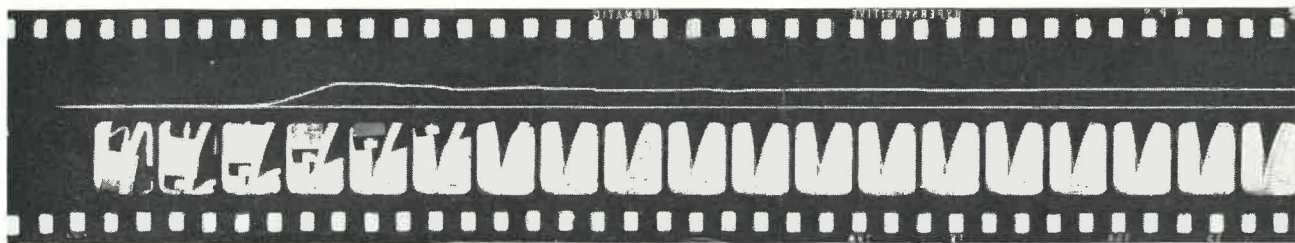


Bild 7 Filmstreifen einer Trommelkameraaufnahme von der Bogentrennung und vom Kraftverlauf. Bedruckstoff: Chromo-Karton 225 g/m² Maschinengeschwindigkeit: ≈ 5800 Upb
Blitzfrequenz: ≈ 150 /s

Bild 8 Einem Filmstreifen der gleichen Serie (s. Bild 7) entnommene Ausschnittsvergrößerungen

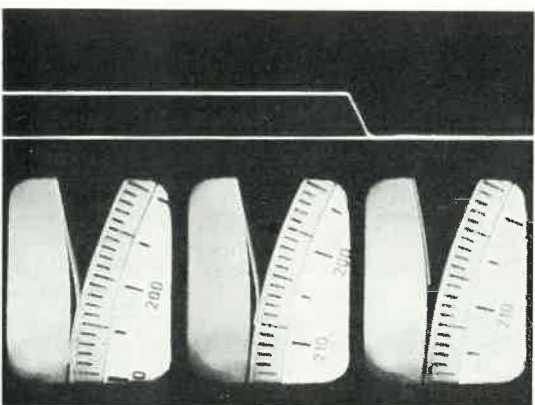
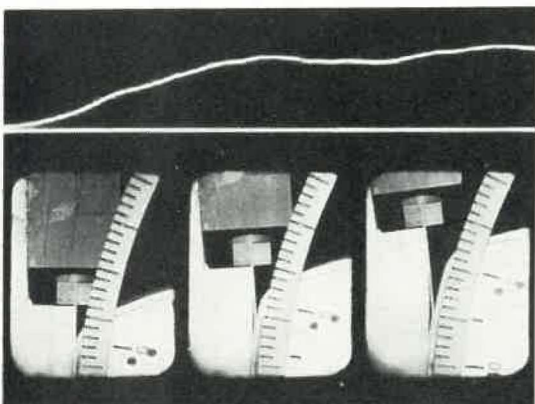
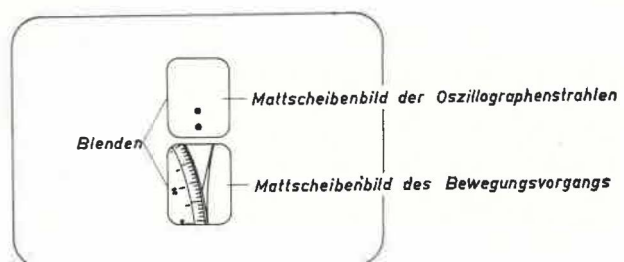


Bild 9 Zuordnungsskizze



Kraftverlaufs und der andere Strahl als Nullmarkierung verwendet werden. Es sind also bei abgeschaltetem Zeitablensystem im unbelasteten Zustand beide Strahlen zur Deckung gebracht worden. Das registrierte Oszillogramm enthält somit den Kraftverlauf und eine Nullspur.

Damit den Phasenbildern die entsprechenden Punkte der Kraftverlaufskurve zugeordnet werden können, ist es noch notwendig anzugeben, daß die Lichtpunkte der Oszillographenstrahlen über der Mitte des Phasenbildes angeordnet wurden (s. Bild 9).

Truman und Hudson verwenden als Untersuchungseinrichtung einen umgebauten Standard-IGT-Tester. Zum Messen der Kraft dient ein Dehnungsmeßstreifen-Dynamometer, das mit dem Papierstreifen verbunden ist und in einer Schiene läuft. Der Trennwinkel des Papiers wird mit Hilfe einer Filmkamera (Bildgeschwindigkeit 64 Bilder/s) erfaßt.

Bild 10 zeigt oben diese Apparatur in schematischer Darstellung, und im darunter angeordneten Diagramm ist für verschiedene Papiere die mit der oben beschriebenen Anordnung erfaßte Spannungsänderung beim Abziehen des Papiers von der Farbschicht in Abhängigkeit vom Biegewinkel Φ enthalten. [27] [30]

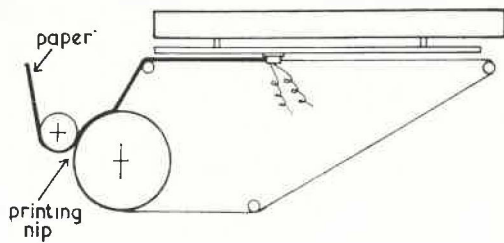


Fig. 5. Schematic diagram of peeling apparatus.

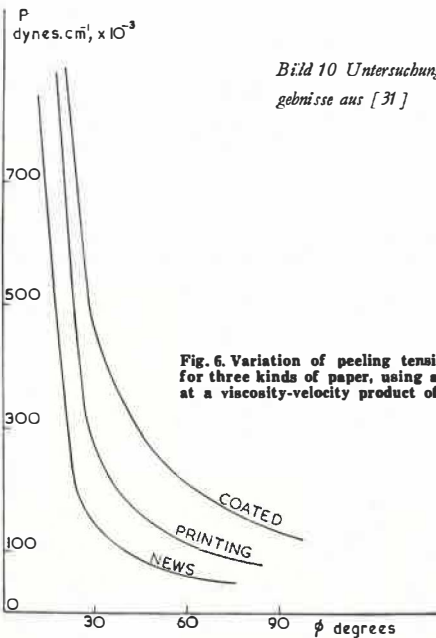


Bild 10 Untersuchungsapparat und Ergebnisse aus [31]

Fig. 6. Variation of peeling tension with take-off angle for three kinds of paper, using a visco-elastic interlayer at a viscosity-velocity product of 25.7 kilopoise-cm./sec.

2.31 Verschiedenartige Papiersorten

Um zu klären, wie sich verschiedenartige Papiere beim Trennvorgang verhalten, wurden in der angeführten Aufeinanderfolge vier Papiersorten, und zwar Offsetdruck 60 g/m², Chromo 100 g/m², Kunstdruck 100 g/m² und Luftpost 25 g/m², die zum Teil sehr unterschiedliche Eigenschaften besitzen, auf die angegebene Weise untersucht. Glätte, Biegesteifigkeit (Luftpost ausgenommen) und Bruchdehnung sind dankenswerterweise vom Institut für Papierfabrikation der TH Darmstadt ermittelt worden. Gedruckt wurde mit ≈ 5800 Uph (Maximalgeschwindigkeit der Maschine) unter Verwendung von trockenstofffreier

Offsetfarbe. Während der Untersuchungsreihe für die vier verschiedenen Papiersorten ist davon abgesehen worden, die Viskosität der Farbe zu kontrollieren. In den Diagrammen wird die registrierte, also die auf die Streifenbreite bezogene Kraft wiedergegeben.

Zur überblicksmäßigen Kennzeichnung der Bogentrennung bei verschiedenartigen Papieren wurden in Bild 11 aus entsprechenden Filmstreifen Phasenbilder zusammengestellt, welche ungefähr die gleiche Zylinderposition aufweisen. Diese Darstellung verdeutlicht, in welchem Maße die Lage der Trennstelle von der Papiersorte abhängig ist und enthält außerdem die jeweils im Papier momentan auftretende Zugkraft.

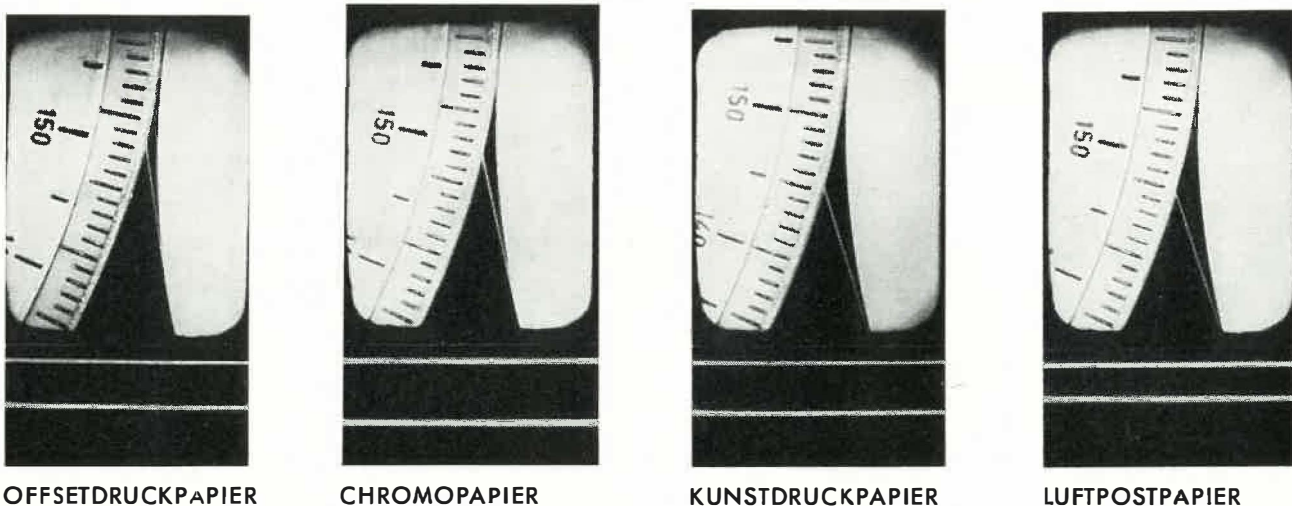
In den Diagrammen der Bilder 12 — 15 sind für jede Papiersorte (Streifenbreite 20 mm) in Abhängigkeit von der Zylinderstellung Trennstelle und Kraftverlauf wiedergegeben.

Werden diese Ergebnisse zu Mittelwerten verarbeitet, so erhält man für jede Papiersorte für Trennstelle und Kraftverlauf entsprechende Kurven, die in Bild 16 zusammengestellt sind.

Unterzieht man die Ergebnisse des Bildes 16 einer Kurvendiskussion und vergleichenden Bewertung, so kann gesagt werden, daß bei allen Papieren die Trennstelle ihre Position zunächst sehr rasch verändert, die Anfangsteilheit sich aber sehr bald nach Druckbeginn merklich verringert. Allgemein kann gesagt werden, daß die Trennstelle um so höhere Winkelwerte aufweist, je geringer die Biegesteifigkeit und je höher Glätte und Dehnung des Papiers sind. Wenn auch in bezug auf die Biegesteifigkeit und Dehnung ergänzende Bemerkungen entfallen können und erfahrungsgemäß bekannt ist, daß eine glattere Oberfläche infolge des besseren Kontaktes intensiver an der Farbschicht haftet, so verdient doch die folgende Überlegung angeführt zu werden. Nach [32] wird durch rauhere Papiere der Farbschicht während des Druckvorgangs mehr Luft zugeführt, als es bei glatteren Papieren der Fall ist, und die eingebrachten Luftbläschen begünstigen bei der Farbspaltung die leichtere Trennung.

Verfolgt man den Trennverlauf des Luftpostpapiers, so erkennt man hier den dominierenden Einfluß der sehr geringen Biegesteifigkeit. Die drei anderen Papiere staffeln sich entsprechend ihrer Glätte. Hierzu wäre noch anzumerken, daß durch unterschiedliche Laufriechung begünstigt, Kunstdruck-, Chromo- und Offsetdruckpapier ungefähr die gleiche Biegesteifigkeit aufweisen und die Bruchdehnung bei Chromo- und Offsetdruckpapier relativ niedrig, bei Kunstdruck- und Luftpostpapier jedoch wesentlich höher ist. Zusammenfassend kann man aus Bild 16 den Schluß ziehen, daß sich die verschiedenen Papiere sehr spezifisch verhalten und die Kurvenverläufe drucktechnische Auswirkungen bestimmter Papiereigenschaften wiedergeben.

Bild 11 Phasenbilder vom Trennverhalten verschiedenartiger Papiere



Offsetdruckpapier

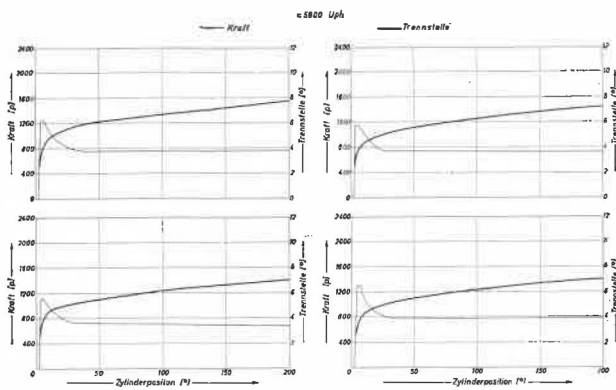


Bild 12

Chromopapier

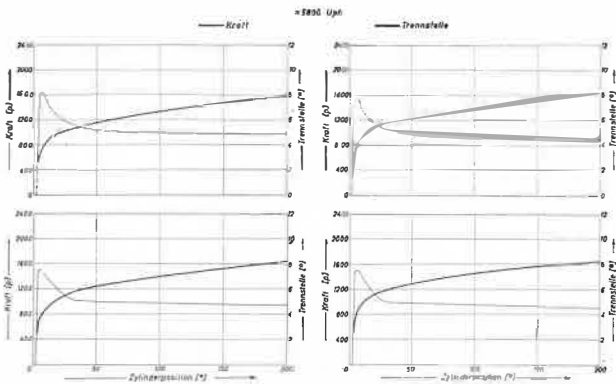


Bild 13

Kunstdruckpapier

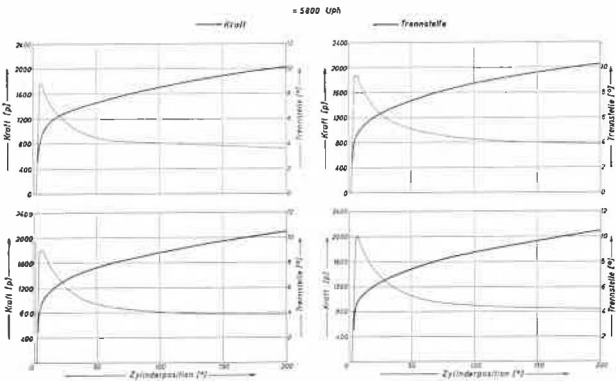
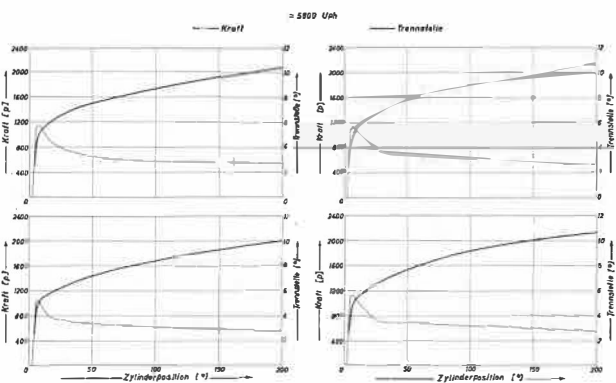


Bild 14

Bild 15

Luftpostpapier



= 5800 Uph

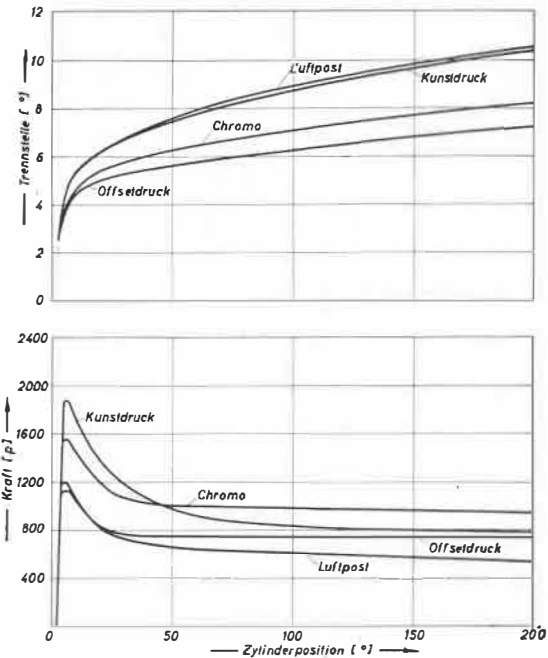


Bild 16 Abhängigkeit der Trennstelle und des Kraftverlaufs von der Zylinderposition (Mittelwertskurven aus 4 verschiedenen Messungen). Streifenbreite 20 mm

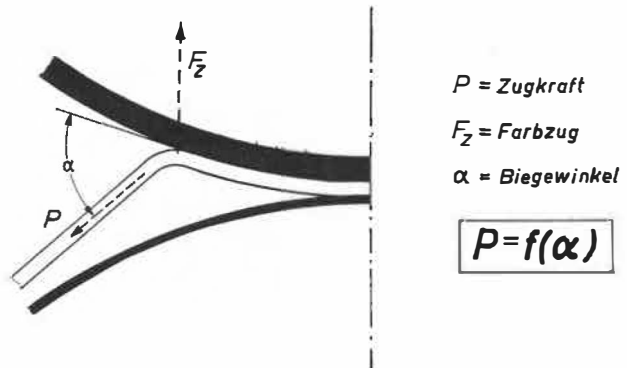


Bild 17 Kräfteverhältnisse beim Trennvorgang

Diese Aussage bezieht sich auch auf den Kraftverlauf. Für die untersuchten Papiere sind diese Kurven ebenfalls in Bild 16 enthalten. Die Kurvenmaxima staffeln sich nach der Papierglätte⁶. Die Zugkraft im Papier erreicht in steilem Anstieg kurz nach Druckbeginn das ausgeprägte Maximum und fällt nach Überschreiten dieses Wertes zunächst rasch, wird aber sehr bald nur noch allmählich geringer. Dieser Kraftverlauf weist auf die Beeinflussung der Zugkraft P durch den Biegewinkel α hin (s. Bild 17).

Um den Einfluß der Glätte auf das Trennverhalten des Papiers besonders herauszustellen, wurden im Zweistreifensystem (s. Bild 6 unten) die beiden 10 mm breiten Streifen von einseitig gestrichenem Chromoluxpapier (110 g/m^2) gleichzeitig verdrukt. Der eine Streifen ist so eingespannt worden, daß während des Druckvorgangs die sehr glatte, gestrichene Oberfläche eingefärbt wird, beim anderen Streifen ist die raue Papierseite dem farbführenden Gummizylinder zugewendet. Da beim

⁶ Offsetdruck- und Luftpostpapier wurden nach den aus der Glätte beider Seiten sich ergebenden Mittelwerten eingeordnet.

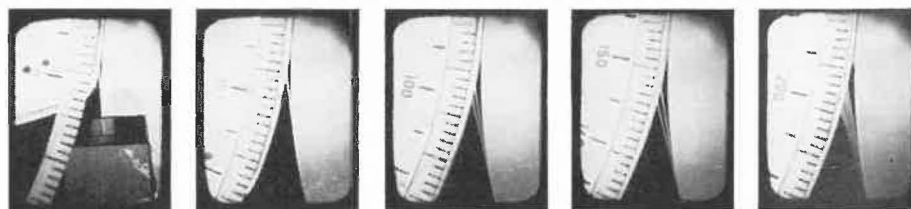
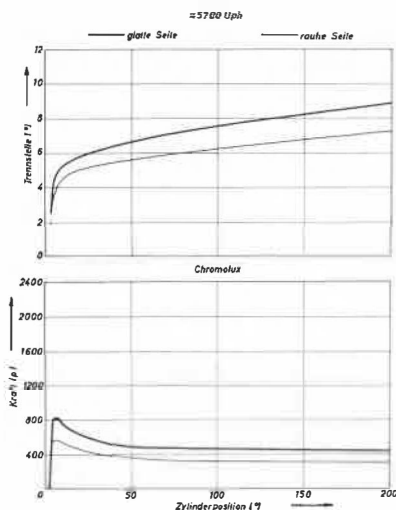


Bild 18 (oben und links) Trennverhalten in Abhängigkeit von der Papierglätte im Zweistreifensystem. Streifenbreite 10 mm

gleichzeitigen Bedrucken beider Streifen die Glätte die kennzeichnende Variable des Vorgangs ist, sind die aus Bild 18 zu entnehmenden Unterschiede hinsichtlich des Trennverhaltens der Streifen auf Schichteigenschaften zurückzuführen. Durch eingefügte Phasenbilder wird der Trennverlauf der beiden Streifen gezeigt.

2.32 Druckgeschwindigkeit

Bei Kunstdruckpapier sind für zwei verschiedene Druckgeschwindigkeiten (Maschinengeschwindigkeiten) die Verlagerung der Trennstelle und der Kraftverlauf ermittelt und in Bild 19 gegenübergestellt worden.

Die Kurven zeigen den erwarteten Verlauf. Bei geringerer Druckgeschwindigkeit ist das Kurvenniveau niedriger.

2.33 Streifenmuster

Werden anstatt einer Volltonfläche Streifenmuster gedruckt (Messingband als Hochdruckform ausgebildet, um die Farbe wasserfrei zu halten), so bewegt sich die Trennstelle im Rhythmus des Aufeinanderfolgens von eingefärbten und farbfreien Bereichen ruckartig hin und her.

Dieses ruckartige Trennen bewirkt eine sprunghafte Kraftentlastung und kann als Ursache von im System auftretenden Schwingungen angesehen werden. Bei entsprechendem Streifenabstand wird das Papier für eine gewisse Zeitdauer spannungsfrei. Im Bild 20 sind derartige Untersuchungsergebnisse ausschnittsweise wiedergegeben. Es konnte festgehalten werden, daß sich das nur an bestimmten Stellen stark beanspruchte Papier (bleibende Dehnungen) im entlasteten Zustand weilt. Auf diese Erscheinung weist Bild 21 hin.

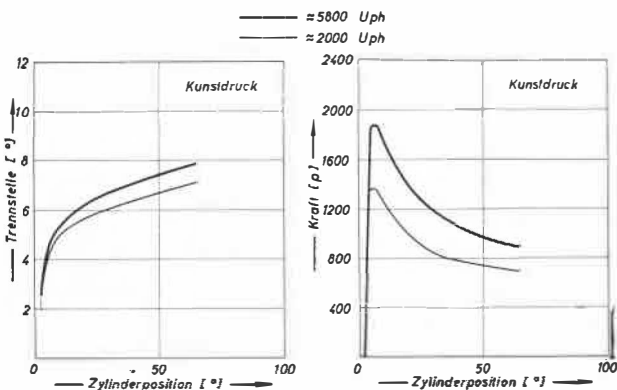
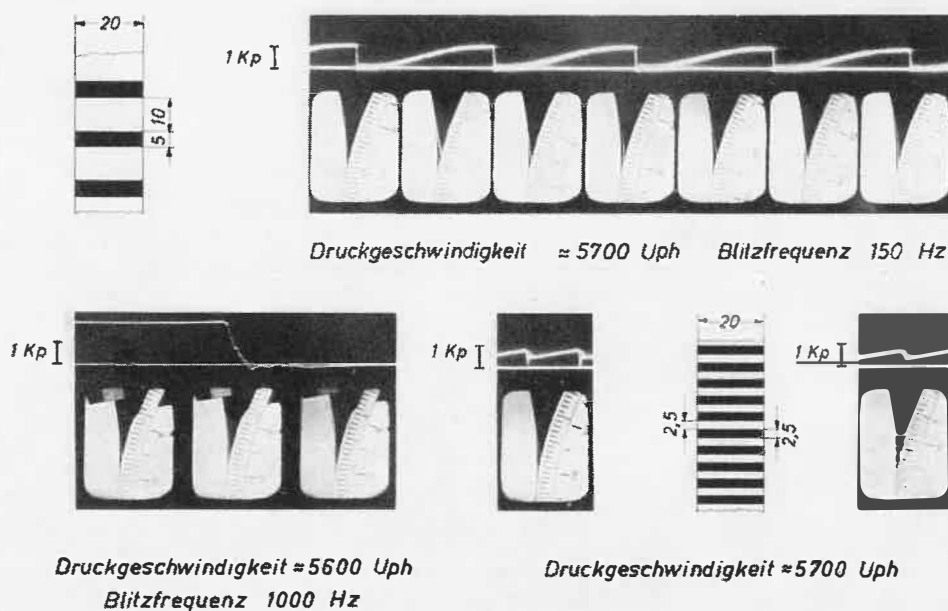


Bild 19 Trennverhalten bei verschiedenen Druckgeschwindigkeiten (Mittelwertskurven aus jeweils 4 Untersuchungen). Streifenbreite 20 mm

Bild 20
Bewegungsverhalten und
Kraftverlauf beim Vorliegen
von unterbrochenen
Farbschichten
Kunstdruckpapier 100 g/m²



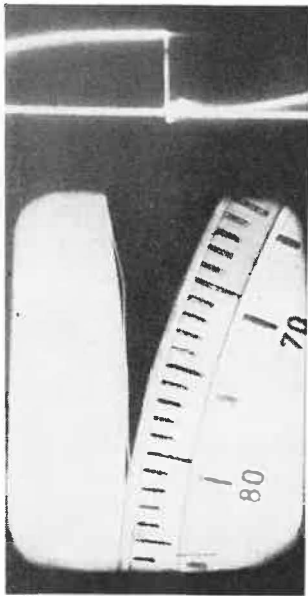


Bild 21 Zur besseren Detailwiedergabe stärker vergrößertes Phasenbild aus Bild 20

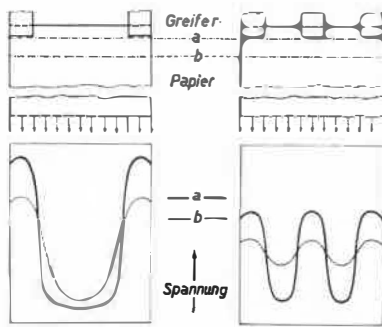


Bild 24 Spannungsverlauf in von Greifern gehaltenen Bogen

Interessant ist es, den Kraftverlauf über die gesamte Drucklänge zu verfolgen. Im Bild 22 sind diese Verhältnisse für das Querstreifenmuster 10/5 wiedergegeben. Während des Druckvorgangs tritt eine periodische Kraftentlastung auf, und die Maxima der sich stufenweise verringernden Zugkraft erreichen gegen Druckende nur noch sehr kleine Werte. Daraus ergibt sich im Verhältnis zum Kraftverlauf bei der Volltonfläche ein ausgeprägter Abfall.

Bei dem Querstreifenmuster 2,5/2,5 (s. Bild 23) bewirken die farbfreien Bereiche nur noch eine sprunghafte Kraftabnahme; bemerkenswert ist hierbei die sich während des Druckvorgangs vollziehende vollständige Glättung des Zugkraftverlaufs.

Zur Glättung der sägezahnartigen Kurvenform beim Verdrucken von Querstreifenmustern ist noch folgendes auszuführen: Das Verlagern der Trennstelle wird von der Position der Streifenhalterung und von dem beim Durchlaufen farbfreier Bereiche plötzlich erfolgenden Zurückschnellen des Papiers beeinflusst. Es kann angemerkt werden, daß sich die hierbei in der Geometrie des Systems auftretenden Änderungen mit wachsendem Drehwinkel in zunehmendem Maße entlastend auf die Zugkraft im Streifen auswirken.

In der Druckpraxis werden vornehmlich unterbrochene Farbschichten aufs Papier übertragen. Das bedingt unruhigen Pa-

≈ 5700 Uph

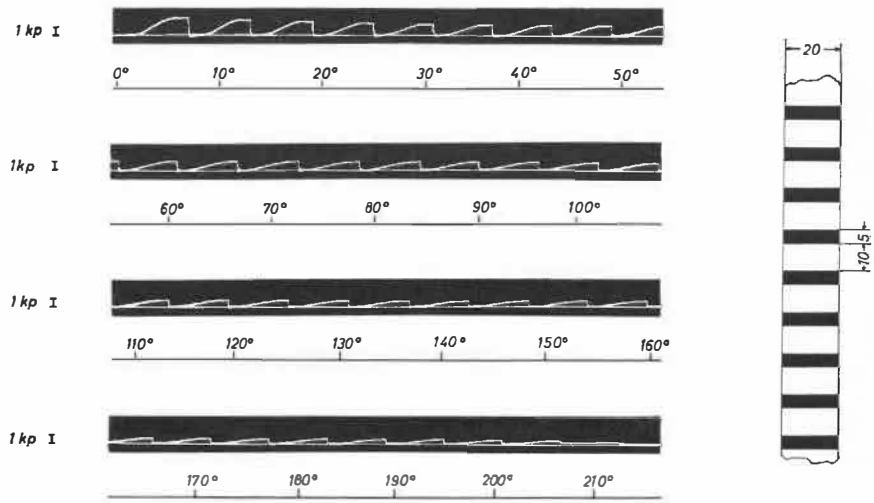


Bild 22 Kraftverlauf in Abhängigkeit von der Zylinderposition beim Verdrucken des Streifenmusters 10 nm/5 mm Kunstdruckpapier 100 g/m²

≈ 5700 Uph

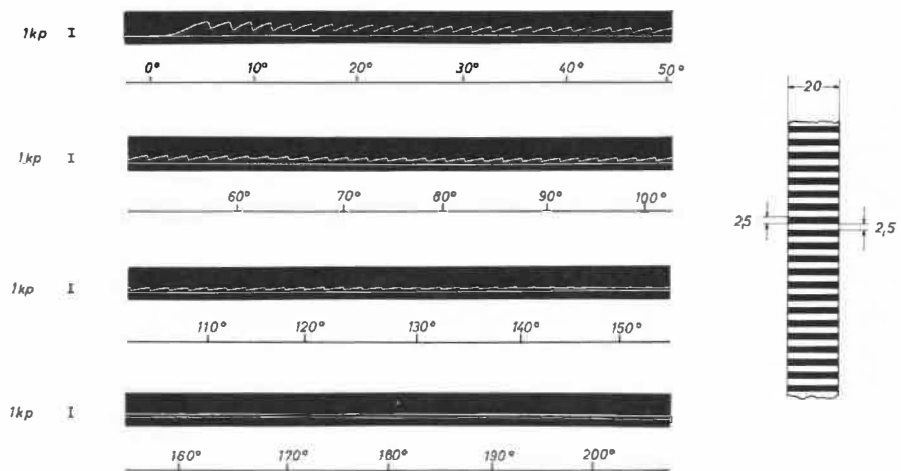


Bild 23 Kraftverlauf in Abhängigkeit von der Zylinderposition beim Verdrucken des Streifenmusters 2,5 mm/2,5 mm Kunstdruckpapier 100 g/m²

pierlauf, da Flutterbewegungen auftreten und das Papier rasch wechselnden Zugbeanspruchungen ausgesetzt wird, die vom Druckbeginn an zunächst sehr ausgeprägt sind.

Hinzu kommt, daß im Bogendruck dem Papier durch das Greifersystem in der Nähe der Einspannstelle ein sehr ungleichförmiger Spannungsverlauf auferlegt wird. Auf Grund von orientierenden Messungen unter statischen Verhältnissen ist im Bild 24 die Spannungsverteilung im Papier für zwei verschiedene Greifersysteme skizziert worden.

Unter Berücksichtigung der diesbezüglichen bisherigen Ausführungen kann beim Übertragen von ununterbrochenen bzw. unterbrochenen Farbschichten gesagt werden, daß am Bogenanfang bei Druckbeginn große Zugkräfte auftreten, die stärker örtlichen und zeitlichen Veränderungen unterliegen. — In dieser Hinsicht sind am Bogenende wesentlich konstantere Verhältnisse vorhanden. Dort erfährt aber das Papier beim Trennvorgang eine höhere Biegebeanspruchung, weil im allgemeinen während des Bedruckens der Biegewinkel größer und somit der Krümmungsradius kleiner wird. Als mögliche Folgeerscheinungen sind z. B. bleibende Dehnungen und abnehmende Oberflächenfestigkeit zu nennen [33]. In diesem Zusammenhang ist auch auf die im Verlauf des Druckvorgangs zunehmende Ruptftendenz hinzuweisen (vgl. Bild 3). Außerdem sind

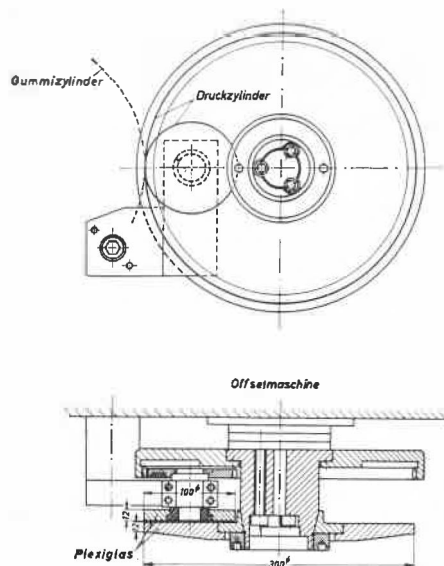


Bild 26 Zweischeiben-Druckapparat. (Vordere Scheibe transparent)

die in der Druckpraxis auftretenden »Prägerscheinungen« und am Bogenende vorkommenden Rollneigungen, welche vom kleinen Krümmungsradius des Papiers an der Trennstelle herühren, anzuführen [34] [35]. Von genannten Papierbeanspruchungen verursachte bleibende Dehnungen können im Mehrfarbendruck zu Passerschwierigkeiten führen; diese ungünstigen Einflüsse sind laufrichtungsabhängig, d. h. geringer bei einer Faserrichtung im Papier quer zur Zylinderachse [36]. Maschinenhersteller unternehmen auch Versuche, das streckenweise Mitlaufen des nach Verlassen der Druckzone noch an der Farbschicht haftenden Papiers zu unterbinden. Ergänzend wäre noch zu erwähnen, daß in Produktionsmaschinen der Bogen während des Trennvorgangs vom Ausleger-system übernommen wird und dabei die Greifer wechselt.

2.34 Einfluß des Zylinderdurchmessers

Zum Erfassen dieses drucktechnischen Einflußfaktors wurde mit der Versuchsmaschine eine Zweischeiben-Druckapparat gekoppelt und eine Aufnahmeanordnung mit Gegenlichtführung verwendet (s. Bilder 25 und 26).

Diese Druckapparat besteht im wesentlichen aus 2 Druck-

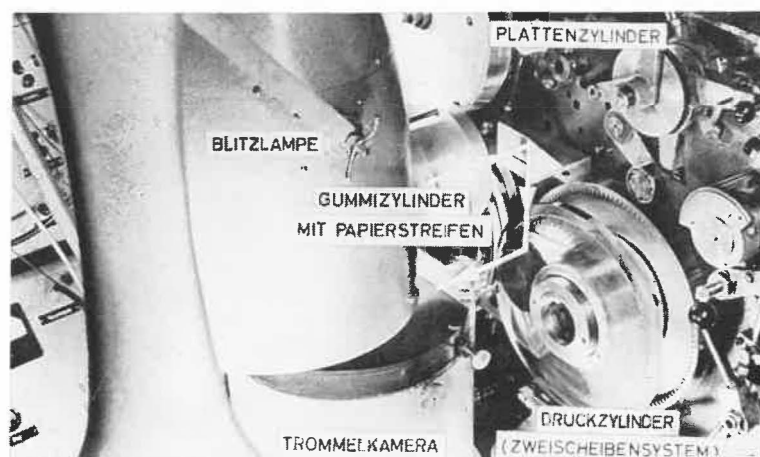


Bild 25 Versuchsanordnung für die Zweischeiben-Druckapparat

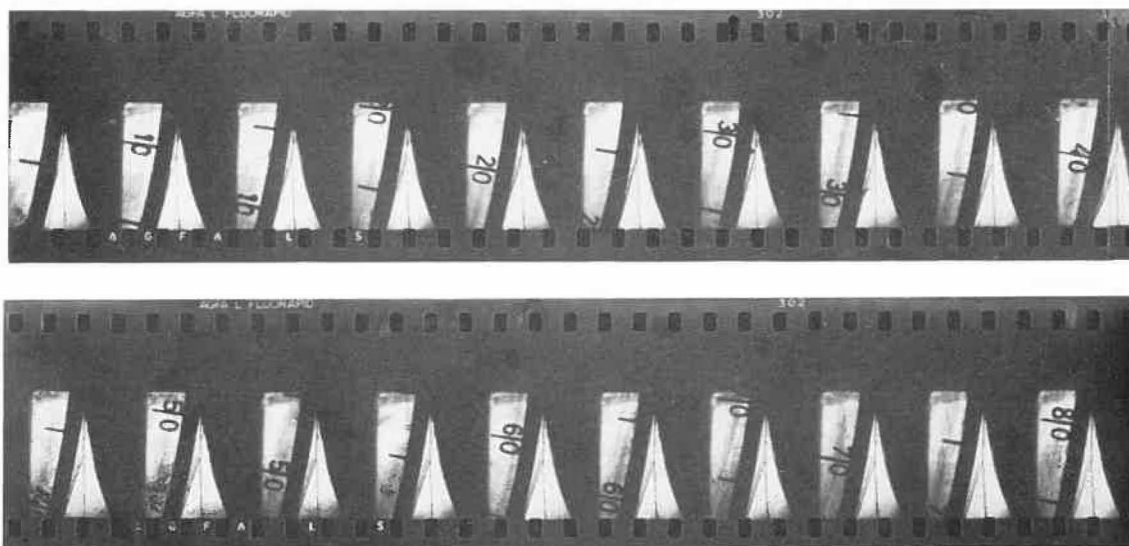
zylindern, die im Durchmesser sehr verschieden sind, aber mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit rotieren (s. a. Bild 26). Das Zweischeibensystem wird zunächst vom Gummizylinder eingefärbt. Dabei ist die Länge des zu übertragenden Farbstreifens etwas kürzer als der Umfang des kleinen Zylinders gehalten worden, um Überdeckungen zu vermeiden. Durch das Aufspannen des Papiers auf den farbfreien Gummizylinder in Form von zwei 10 mm breiten Streifen wurde die Einrichtung in druckfertigen Zustand gebracht. (Die Einfärbung mit schwarzer trockenstofffreier Offsetfarbe war zufriedenstellend, nur im Bereich sehr dünner Farbschichten, die unterhalb der für eine gedeckte Fläche notwendigen Farbmenge liegen, trat Streifigkeit auf.)

Bild 27 zeigt das Trennen der beiden Streifen während des Druckvorgangs von Zylindern verschiedener Krümmung.

Im Bild 28 sind die aus dem bereits wiedergegebenen und aus anderen Filmstreifen entnommenen Phasenbilder zusammengestellt. (Bei den hier vorliegenden Gegenlichtaufnahmen wird das Papier als schwarze Linie abgebildet.)

Aus Bild 28 ist zu entnehmen, daß die Biegewinkel der beiden Papierstreifen (α_1, α_2) nicht miteinander identisch sind. Das sich vom kleinen Zylinder ablösende Papier wird etwas stärker gebogen ($\alpha_1 > \alpha_2$). Die Trennstellenpositionen sind von der

Bild 27
Filmstreifen vom
Trennverhalten des
Papiers in der
Zweistreifen-
Druckapparat
Bedruckstoff:
Chromopapier
100 g/m²
Maschinenge-
schwindigkeit:
≈ 4000 U/ph
Blitzfrequenz:
100/s



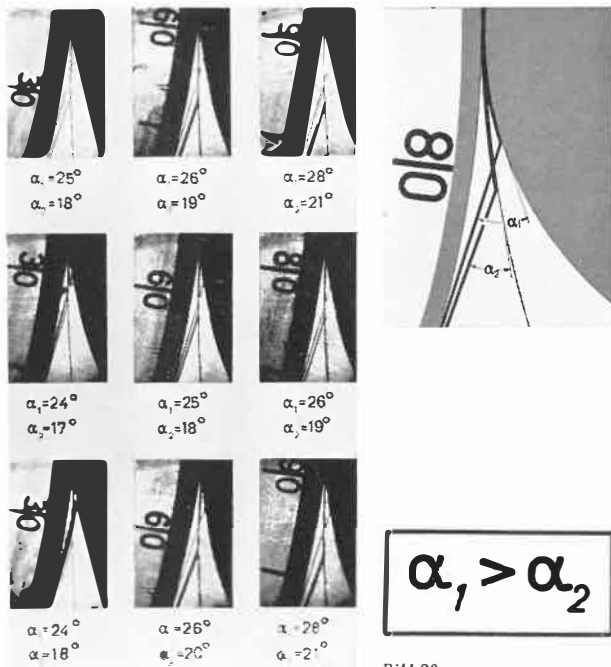


Bild 28

Abstand von der Filmebene angeordnet worden. Auf diese Weise wurden vom interessierenden Bereich des sich trennenden Papiers Aufnahmen von der folgenden Form erhalten (Bild 30). Für diese Untersuchungen war es zweckmäßig, den Druckvorgang so zu gestalten, daß sich das Papier vom eingefärbten starren Druckzylinder ablöst. Es ist daher zunächst über das Gummituch der Druckzylinder eingefärbt worden. Auf dem farbfreien Gummizylinder der Versuchseinrichtung wurde anschließend, um dem seitlichen Verlaufen des Papiers während des Druckvorgangs zu begegnen, der 20 mm breite Streifen mittels einer Vorrichtung übertragen und dabei am vorderen Ende durch eine doppeltklebende Folie befestigt. Diese Maßnahme war notwendig, da bei der angewendeten Objektvergrößerung nur eine geringe Tiefenschärfe vorhanden ist.

Gedruckt wurde bei Maschinengeschwindigkeiten von ≈ 4000 bzw. ≈ 2000 Uph mit weißen Farben von unterschiedlicher Konsistenz. (Bei der angewendeten Auflichtbeleuchtung eignet sich die weiße Farbe [37] am besten zur Kennzeichnung der Farbspaltung.) Der Trennvorgang wurde in zwei verschiedenen Bereichen erfaßt (von der Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Zylinder ausgehend bei etwa 4° und etwa $7,5^\circ$).

Zur Ermittlung des Krümmungsradius dienten aus Zeitlupenfilmen entnommene Phasenbilder, die in Bild 31 wiedergegeben sind.

Aus Bild 31 geht hervor, daß der Krümmungsradius des Papiers im Verhältnis zum Radius des Druckzylinders klein, während

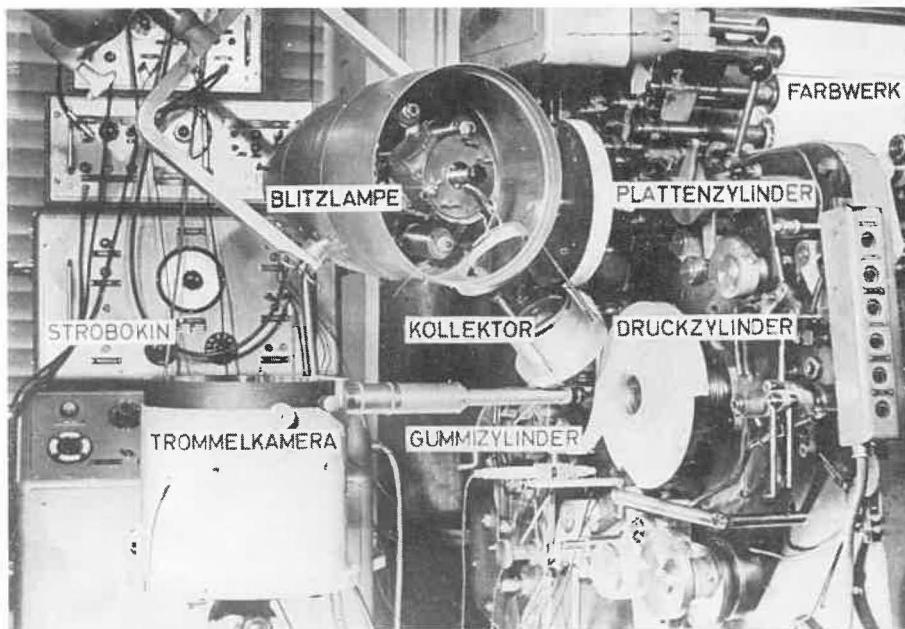


Bild 28 (oben links)

Trennverhalten bei verschiedener Zylinderstellung

Bedruckstoff: Chromopapier 100 g/m²

Maschinengeschwindigkeit: ≈ 4000 Uph

Bild 29 (links)

Meßanordnung zur Bestimmung des Krümmungsradius

Systemgeometrie abhängig. Als einzubeziehender Faktor kann die Kraftwirkungsfolge der sich aus der Spaltform am kleinen Zylinder ergebenden höheren Trennbeschleunigung (s. 2.35) angesehen werden.

Für Druckmaschinen kann aus den Ergebnissen der Untersuchungen, die auf einem Durchmesser Verhältnis von 3 : 1 basieren, der Einfluß des Zylinderdurchmessers in bezug auf das Trennverhalten des Papiers abgeschätzt werden.

2.35 Bestimmung des Krümmungsradius

Um den Krümmungsradius des sich von der Farbschicht ablösenden Papiers während des Druckprozesses zu ermitteln, wurde die Meßanlage in der durch Bild 29 gekennzeichneten Anordnung verwendet.

Damit der Krümmungsradius in der gewünschten Vergrößerung abgebildet werden konnte, ist das Kameraobjektiv in größerem

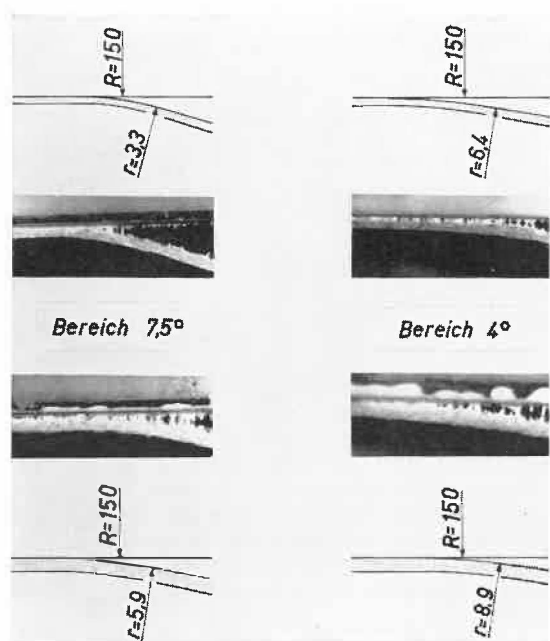
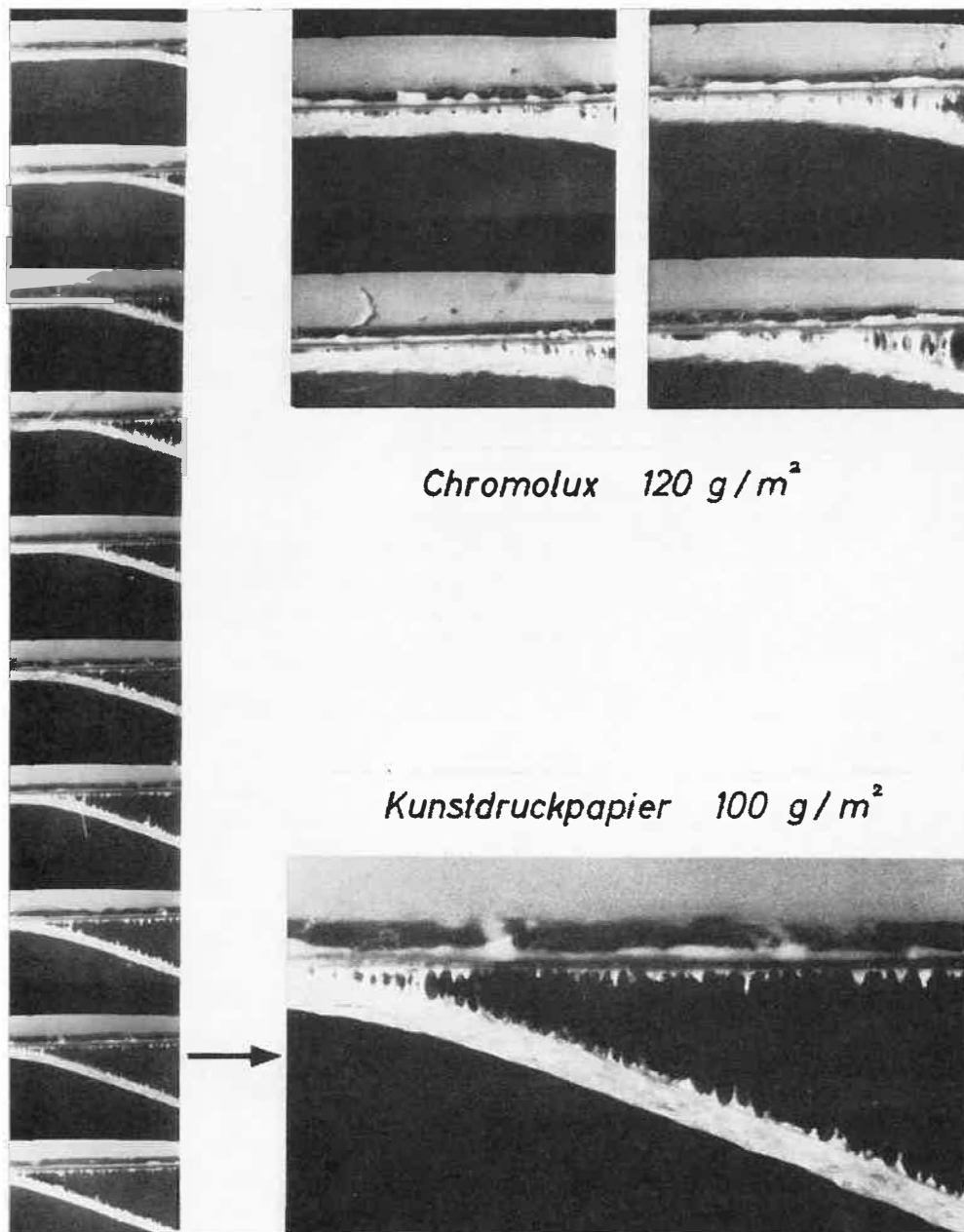
des Druckvorgangs nicht konstant und von der Papiersorte abhängig ist.

Rupp und Rieche [38] haben zur vergleichenden Bewertung von Rupfgeschwindigkeiten darauf hingewiesen, daß in einer Druckmaschine mit unterschiedlich großen, an der Farbspaltung beteiligten Zylindern (Radien R , r) und der Umfangsgeschwindigkeit v die

$$\text{Trennbeschleunigung } b = (1/R + 1/r) v^2 \quad \text{ist.}$$

Die obige Formel verdeutlicht den großen Einfluß eines kleinen Radius. Aus der Tatsache, daß beim Verdrucken von Papier das Abziehen erst an einem bestimmten Punkt nach dem Verlassen der Druckzone erfolgt, ergibt sich für den Farbzug wegen der Proportionalität zwischen Kraft und Beschleunigung die Bedeutung des Krümmungsradius vom Papier an der Trennstelle.

Bild 30
Phasenbilder vom Trennen des Papiers



KUNSTDRUCKPAPIER
100 g/m²

CHROMOLUX
120 g/m²

R = Zylinderradius
r = Krümmungsradius
des Papiers

Bild 31
Bestimmung des Krümmungsradius von sich trennenden Papieren

$$\text{Trennbeschleunigung } b = f\left(\frac{1}{r}, \frac{1}{R}\right)$$

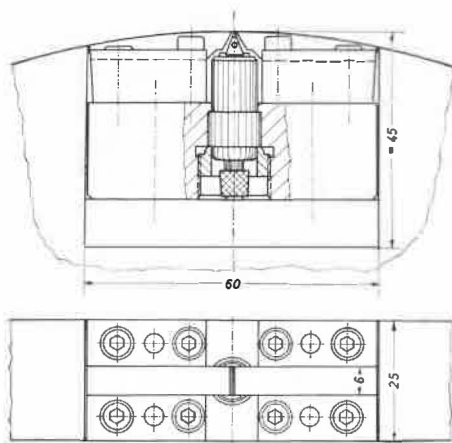


Bild 32 Meßsystem zum Erfassen des beim Farbspaltungsvorgang auftretenden Kraftverlaufs

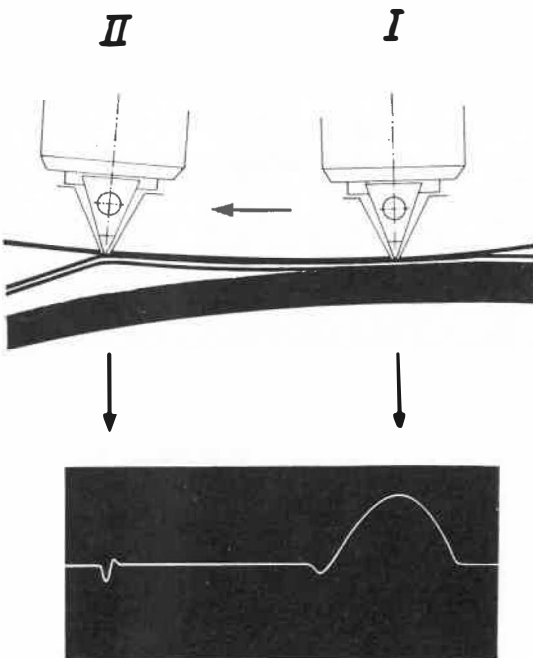


Bild 34 Oszillogramm vom Kraftverlauf beim Farbübertagungsvergange mit in eine Zuordnungsskizze eingezeichneten Aufnehmerstellungen. Maschinengeschwindigkeit: $\approx 4000 \text{ Upb}$

2.36 Kraftverlauf beim Farbspaltungsvorgang an der Trennstelle

Das zu bedruckende Papier durchläuft während des Farbübertagungsverganges den Kontaktbereich der Zylinder und haftet nach dem Verlassen der Druckzone bis zur Trennstelle an der Farbschicht. Zur experimentellen Erfassung des beim Übertragen von ausgedehnten ununterbrochenen Farbschichten auftretenden Kraftverlaufs wurde ein geeignetes Meßsystem entwickelt, das im Bild 32 wiedergegeben ist. (In bezug auf das System und die Anwendungsmöglichkeiten vorgenommene Weiterentwicklung einer vom Verfasser früher [24] beschriebenen Ausführung). Dieses System besteht im wesentlichen aus einem empfindlichen Quarzaufnehmer (Druckgeber 701 A von Kistler Instrumente AG., Winterthur), auf dessen aktiven Teil nach Entfernen der Metallmembran ein sich schneidenförmig zur Meßfläche verjüngender Körper geklebt wurde. Die zum einwandfreien Einfärben des Systems notwendige Überbrückung des zwischen der Meßfläche und den benachbarten zylindrischen Teilen vorhandenen Spaltes durch eine sehr dünne, fest haftende, weitgehend rückwirkungsfreie Schicht bereitete Schwierigkeiten.

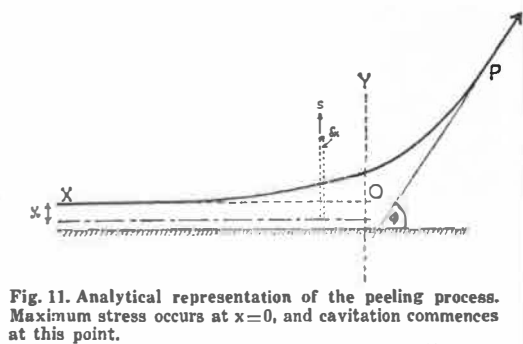
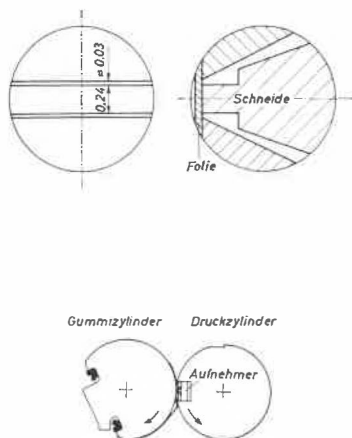


Fig. 11. Analytical representation of the peeling process. Maximum stress occurs at $x=0$, and cavitation commences at this point.

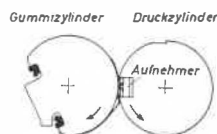


Bild 33 (rechts)
Nach [40] theoretisch ermittelte Spannungsverteilung beim abschälen des Trennen des Papiers in einer Zwischenschicht mit I. Newtonschen, II. Maxwellischen und III. Hookeschen Eigenschaften

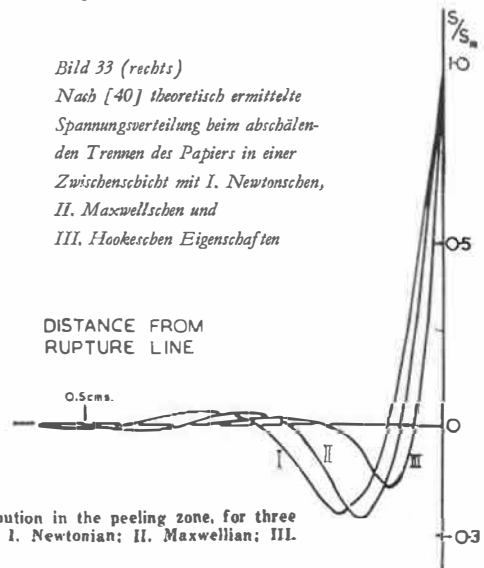


Fig. 12. Stress distribution in the peeling zone, for three types of interlayer: I. Newtonian; II. Maxwellian; III. Hookean.

rigkeiten. In letzter Zeit wurde durch Anwendung einer dünnen doppelseitig klebenden Folie⁷ (Dicke etwa 0,04 mm) eine zufriedenstellende Lösung gefunden, wenn auch auf eine dadurch bedingte, mögliche Beeinflussung beim Meßvorgang hinzuweisen ist. Nach dem Aufbringen der Folie wurde ihre Oberseite klebfrei gepudert.

Geeicht wurde das Meßsystem statisch durch Gewichtsbelastung. Die Richtungsempfindlichkeit ist bei den vorgangsbedingten Winkeländerungen, deren Abweichungen von der Senkrechten innerhalb von $\pm 8^\circ$ liegen, vernachlässigbar klein. Die Querempfindlichkeit, also das Verhältnis der Meßwerte bei Belastung senkrecht zur Achsrichtung und in Richtung der Aufnehmerachse beträgt $\approx 1/10$.

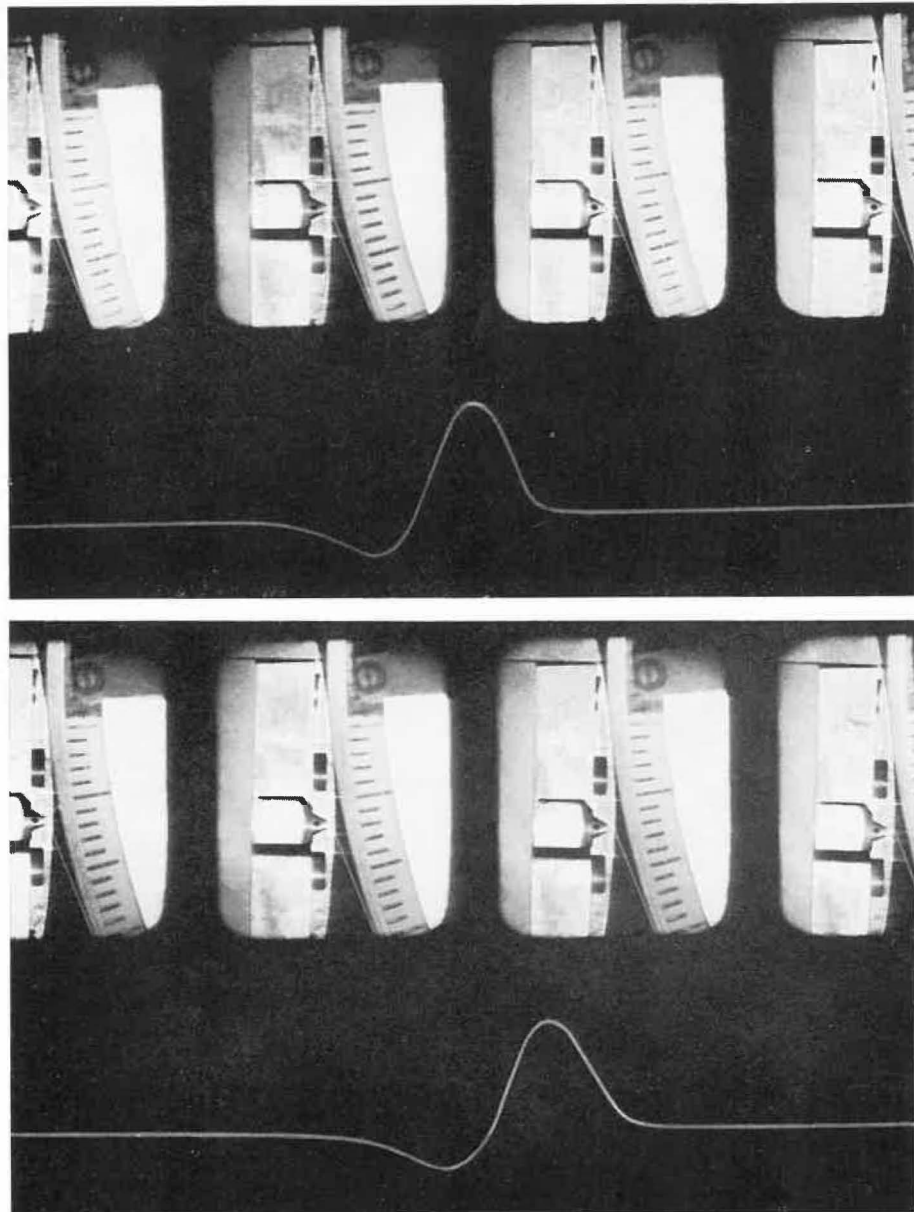
Dieser im wesentlichen aus Metallteilen bestehende Kraftaufnehmer wurde in den mit der Offsetmaschine gekoppelten scheibenförmigen Druckzylinder eingebaut. Das Einfärben von Aufnehmer- und Zylinderoberfläche erfolgte auf bekannte Weise über das Gummituch, welches nach erfolgtem Umspannen von dem im Maschinenfarbwerk eingefärbten Messingstreifen Farbe erhielt (Offsetgelb ohne Trockenstoff). Der Papierstreifen (Kunstdruck 100 g/m², $\approx 350 \text{ mm}$ lang, 6,5 mm breit) wurde anschließend auf dem farbfreien Gummituch angeordnet. (Am oberen Ende erfolgte die Befestigung mittels Klebstreifen, das untere Ende wurde durch Druckfarbe fixiert.) Nach erfolgtem Druck wurde die Farbe von der Aufnehmeroberfläche ohne Verwendung von Lösungsmitteln entfernt.

Bei der gleichzeitigen Registrierung des Bewegungsvorgangs und des Kraftverlaufs entsprach die Versuchsanlage, abgesehen von dem anderen Aufnehmersystem und einem inzwischen verfügbaren noch besseren Piezo-Verstärker (Piezo Charge Amplifier 566 von Kistler Instrumente AG., Winterthur), im wesentlichen der im Bild 4 gezeigten Anordnung. Wurde ohne die hochgeschwindigkeitskinematographische Einrichtung gearbeitet, ist mit Hilfe der Zeiss-Philips-Kamera Frequenzphot das Oszillogramm des Kraftverlaufs registriert worden. Für die aufzunehmenden kurzzeitigen Signale genügte trotz der relativ hohen Meßempfindlichkeit das Übertragungsverhalten des vorhandenen Schleifringgerätes. Meßsystem und Schleifringgerät hatten keine Masseverbindung zum Druckzylinder.

⁷ tesa-fix 966 von P. Beiersdorf & Co. AG., Hamburg.

Bild 35

Kraftverlauf an der Trennstelle mit durch
Phasenbilder charakterisierter
Aufnehmerposition
Kraftmaßstab: 10 mm entsprechen im
Diagramm 92 p
Bedruckstoff: Kunstdruckpapier 100 g/m²
Maschinengeschwindigkeit: ≈ 4000 U/h
Blitzfrequenz: ≈ 1000 /s



Vor Wiedergabe der experimentellen Untersuchungsergebnisse soll auf die theoretische Ermittlung der beim abschälenden Trennen des Papiers von einer viskoelastischen Zwischenschicht in der Trennzone auftretenden Spannungsverteilung eingegangen werden. Diese Arbeit wurde von Truman [39] unter Einbeziehen vorhandener Ansätze durchgeführt. Durch Kombination der das Verhalten der Druckfarbe charakterisierenden *Maxwellschen* Gleichung mit der die Beanspruchung des Papierstreifens kennzeichnenden Biegeformel für den elastischen Balken kann dieser Vorgang durch eine Differentialgleichung beschrieben werden.

Die graphisch dargestellte Lösung dieser Gleichung ist im Bild 33 enthalten. Außerdem sind noch im gleichen Diagramm die ähnlichen Kurven für Zwischenschichten mit *Newtonschen* und *Hookeschen* Eigenschaften wiedergegeben.

In der dimensionslosen Darstellung S/S_m bedeutet S die augenblickliche und S_m die maximale Spannung in der Zwischenschicht (bei $x = 0$ ist S definitionsgemäß ein Maximum). Dem Kurvenverlauf ist zu entnehmen, daß vom Maximum ausgehend die Zugkraft rasch abnimmt und infolge des vom Papier ausgeübten Biegemoments zur Druckkraft wird. Danach wechselt

die Kraft zwischen Zug und Druck und wird dabei rasch gedämpft. Die Lage des Druckmaximums wird von der Steifigkeit des Papiers beeinflusst [41].

Die Wiedergabe von experimentellen Untersuchungsergebnissen soll mit dem durch Bild 34 gekennzeichneten Kraftverlauf eingeleitet werden, der alle vom Aufnehmer während des Farbübertragungsvorgangs registrierten Kraftwirkungen enthält.

Dem Kurvenzug sind also die Kraftverteilung in der Druckzone, eine kleine Zugkraft, die hier im Bereich des sich vom Aufzug (Gummituch) ablösenden Papiers auftritt, eine sich anschließende Zone, in der das an der Farbschicht haftende Papier keine Zug- oder Druckkräfte auf den Aufnehmer überträgt und den besonders interessierenden Abschnitt an der Trennstelle mit dem nach erfolgter Druckbeanspruchung einsetzenden Farbzug zu entnehmen.

Die Verhältnisse an der Trennstelle wurden eingehender untersucht, wobei phasentreu zum Kraftverlauf die Aufnehmerposition kinematographisch festgehalten worden ist.

In den Bildern 35 und 36 sind für zwei verschiedene Druckgeschwindigkeiten Ergebnisse enthalten, welche für die durchgeführten Untersuchungen charakteristisch sind.

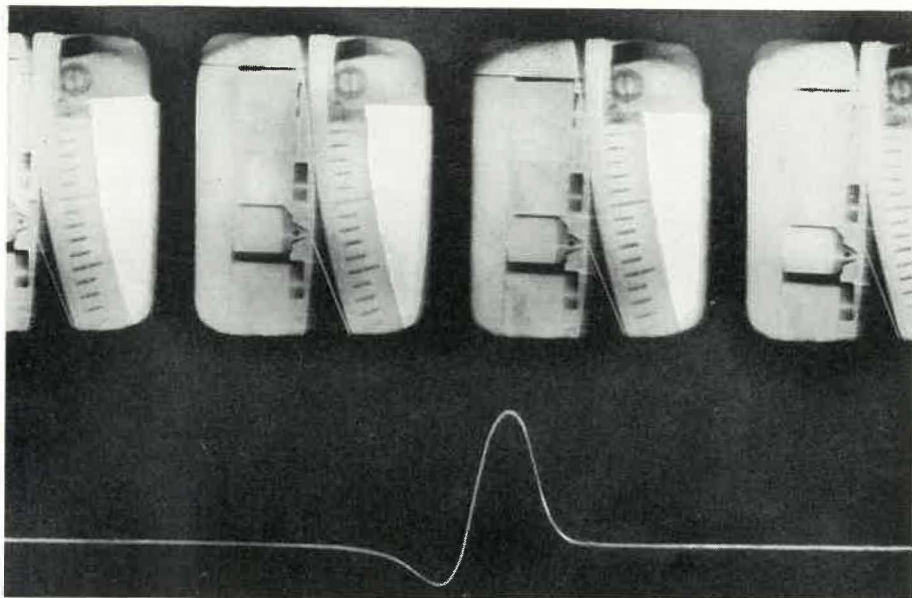


Bild 36

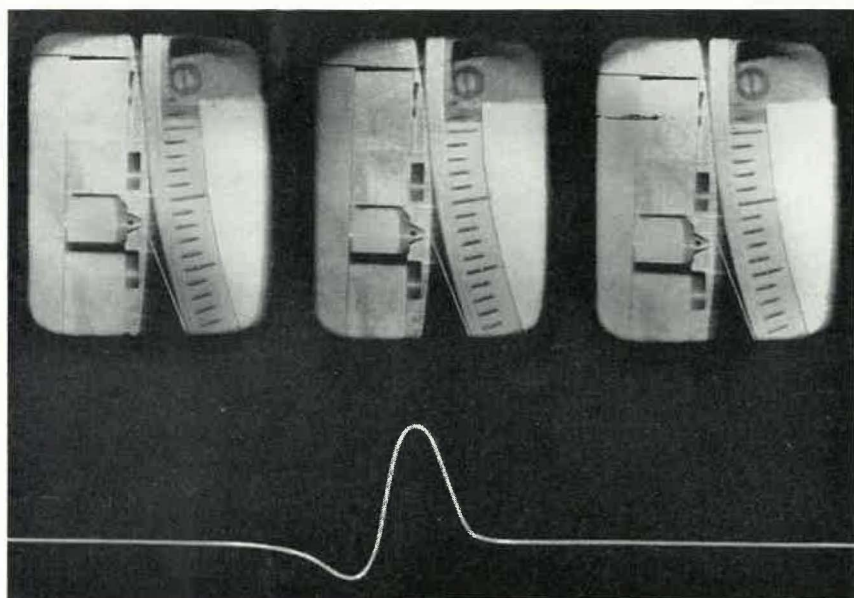
Kraftverlauf an der Trennstelle mit durch
Phasenbilder charakterisierter Aufnehmer-
position

Kraftmaßstab: 10 mm entsprechen im
Diagramm 92 p

Bedruckstoff: Kunstdruckpapier 100 g/m²

Maschinengeschwindigkeit: ≈ 5800 Uph

Blitzfrequenz: ≈ 1000 /s



Der Kurvenform ist, wie aus der Aufnehmerposition hervor-
geht, zu entnehmen, daß die Druckbeanspruchung unmittelbar
vor dem Trennvorgang auftritt und die Maschinengeschwindig-
keit von Einfluß ist.

Die Distanz zweier Phasenbilder (z. B. von Bildmitte zu Bild-
mitte) kann als Wegmaßstab für die in den Bildern 35 und 36
enthaltenen Oszillogramme angesehen werden. Bei der Blitz-
frequenz von ≈ 1000 Hz, dem Zylinderdurchmesser von
300 mm und einer Maschinengeschwindigkeit von ≈ 4000 Uph
entspricht dieser Strecke ein vom Aufnehmer zurückgelegter
Weg von ≈ 1 mm, bei ≈ 5800 Uph sind es $\approx 1,5$ mm. Da die
Phasenbilder im zeitlichen Abstand von $1/1000$ s aufeinander-
folgen, ergibt sich andererseits z. B. die Einwirkungs-
dauer der Zugkräfte auf einfache Weise aus den Aufnahmen. Der experi-
mentell erfaßte Vorgang zeigt im Vergleich zur für eine Zwi-
schenschicht mit Maxwell'schen Eigenschaften theoretisch ermit-
telten Kurve (s. Bild 33) einen ähnlichen Verlauf.

Zur systematischen Erfassung der verschiedenen, das dynamische
Verhalten von Farbe und Papier beim Druckprozeß bestim-
menden Einflußfaktoren kann experimentell durch derartige
weiterführende Untersuchungen beigetragen werden.

Bild 37 Mit dem Druckzylinder gekoppelte mikroskopische Untersuchungseinrichtung
(Darstellung enthält unwesentliche Vereinfachungen)

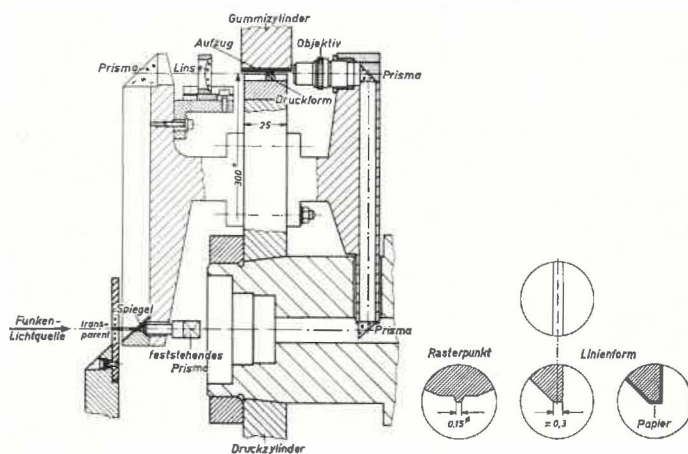


Bild 38

Aufnahmeeinrichtung bei Verwendung von mitlaufendem Licht

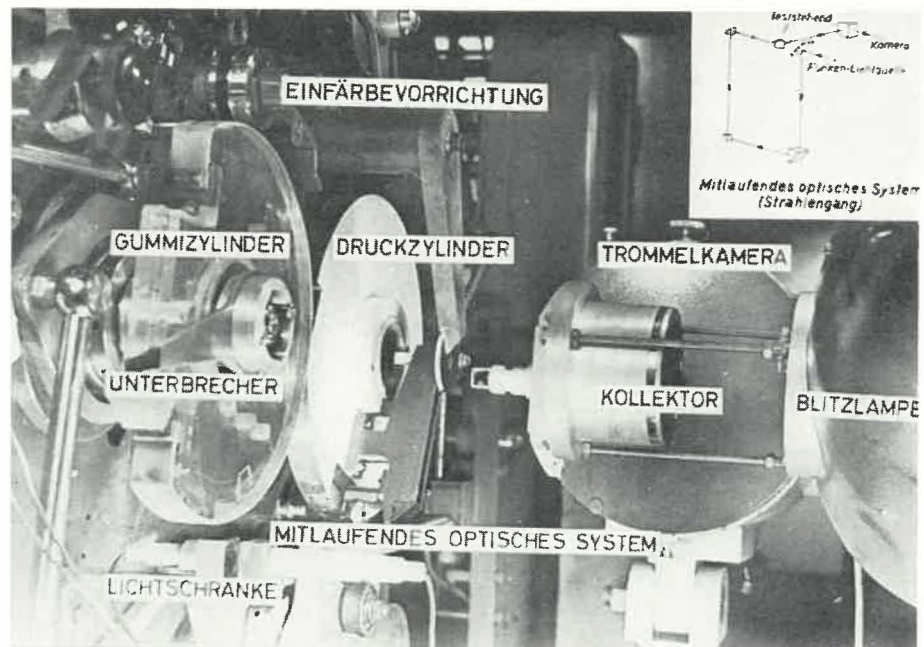
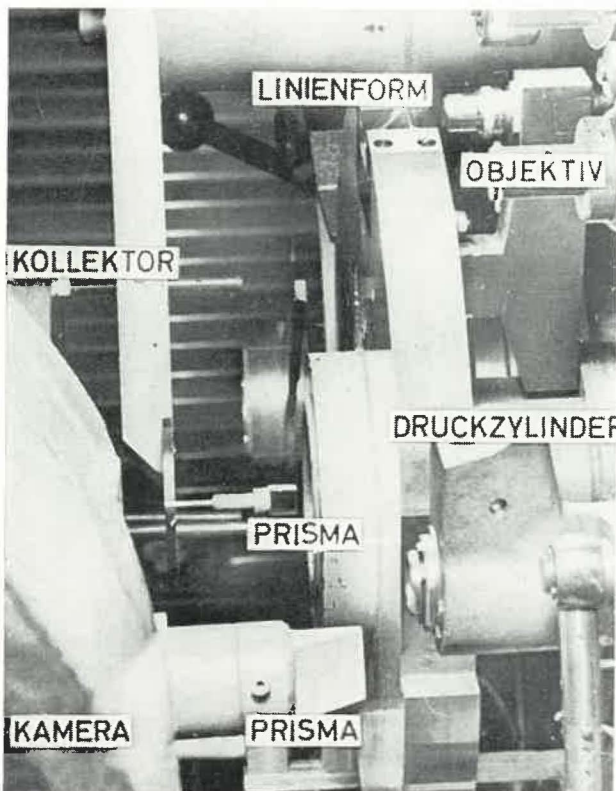


Bild 39

Anordnung bei ortsfester Beleuchtung



Spalten des Farbfilms findet in der Ebene des geringsten Fadenquerschnittes statt. Das Pigment wirkt als Kavitationskatalysator; die Zahl der sich bildenden Blasen wird von der Filmdicke beeinflusst und ist geschwindigkeits- und druckabhängig. Der wichtigste auf die Blasenexpansion einflussnehmende Faktor ist die Oberflächenspannung.

Zum Studium der Vorgänge, die während der Farbspaltung ablaufen, wurden von verschiedenen Autoren auch bei höheren Vergrößerungen photographische und hochgeschwindigkeitskinematographische Verfahren herangezogen. Einsicht genommen hat der Verfasser in die Veröffentlichungen von Sjodahl [43], Hull [44], Banks und Mill [45], Blokhuis [46], Myers, Miller und Zettlemoyer [47] (s. a. [42]) sowie von Howard und Jones [48].

3.1 Untersuchungsanlage

Im folgenden wird eine hochfrequenzmikrophotographische Aufnahmeeinrichtung beschrieben, die geschaffen wurde, um wesentliche Details des komplexen Farbspaltungsvorgangs besser erfassen zu können.

Die Meßanlage gleicht im prinzipiellen Aufbau weitgehend der bereits beschriebenen Einrichtung. Sie setzt sich also aus der steuerbaren Funkenlichtquelle *Strobokin*, der Trommelkamera und einer mit der Offsetmaschine gekoppelten Druckapparat zusammen. Als besondere Einrichtung ist das mit dem scheibenförmigen Druckzylinder verbundene mitlaufende optische System (Bild 37) anzuführen.

Der mitlaufende Teil setzt sich aus Objektiv und Umlenkprismen sowie aus dem wahlweise verwendbaren Lichtführungsteil zusammen. Das zur Beleuchtung der rotierenden Druckform (Punkt- oder Linienform) beim längeren Verfolgen des Vorgangs notwendige mitlaufende Funkenlicht wird zentral zugeführt, zweimal umgelenkt und anschließend gebündelt. Bild 38 und Bild 39 zeigen die Aufnahmeeinrichtung mit und ohne Lichtführungsgerät.

Bild 38 enthält rechts oben den beim mitlaufenden optischen System vorliegenden Strahlengang skizzenhaft veranschaulicht. Aus Bild 38 und Bild 39 ist auch der Strahlenverlauf vom rotierenden Teil über zwei feststehende Prismen zur Trommelkamera zu entnehmen. Zwischen dem zweiten Prisma und der Filmebene kann, wenn notwendig, ein Okular angeordnet werden. In der Blitzlampe befindet sich, wie schon beschrieben, die Plexiglasfunkenkammer mit eingebauter Optik. Die Weiterführung des

3. BEWEGUNGSANALYSE VOM FARBSPALTUNGSVORGANG

Der Farbspaltungsvorgang bei hochviskosen Druckfarben ist bekanntlich eine verwickelte Erscheinung. Zettlemoyer und Mitarbeiter [42] haben diesen Prozeß folgendermaßen charakterisiert: Der Farbfilm erfährt beim Eintritt in den Spalt der in Kontakt befindlichen Zylinder einen plötzlichen Druckanstieg, nach Erreichen des Maximums den allmählichen Abfall auf Atmosphärendruck und schließlich Zugbeanspruchungen auf der Austrittsseite, welche Kavitationserscheinungen auslösen. Die Filmspaltung ist begleitet von Kavitation, Blasenexpansion, Verlängerung und Trennung der sich bildenden Farbfäden. Das

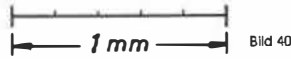
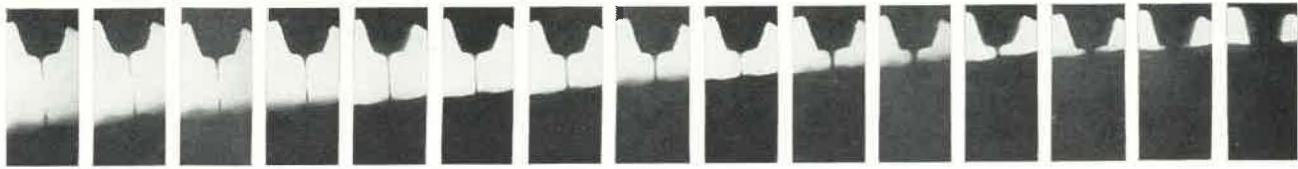


Bild 40

Bild 40 Farbspaltung bei stationärer Beleuchtung. Druckfarbe: Offset gelb. Maschinengeschwindigkeit: ≈ 2000 Upb. Blitzfrequenz: $2000/s$

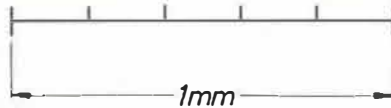
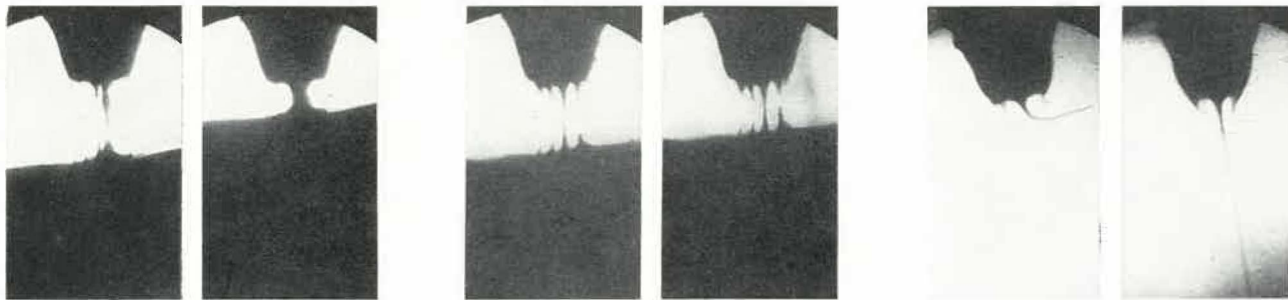


Bild 41

Bild 41 Phasenbilder von der Spaltung verschiedener Druckfarben

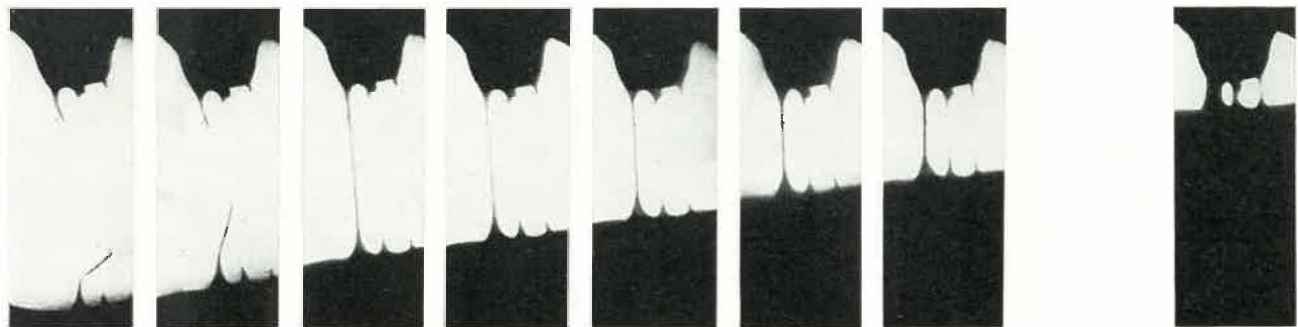


Bild 42

Bild 42 Farbspaltung bei stationärer Beleuchtung. Druckfarbe: Offset gelb. Maschinengeschwindigkeit: ≈ 4000 Upb. Blitzfrequenz: $2000/s$
(Nach Beginn des Vorgangs einige Phasenbilder der Serie nicht wieder gegeben.)

Lichtes übernimmt ein nachgeschalteter vom Strobokinhersteller empfohlener Zeiss-Kollektor.

Das geschaffene mitlaufende optische System, als eine Anwendung des bekannten Prinzips, durch Mitführen einer optischen Anordnung Relativbewegungen zu begegnen, besitzt den beim Vorliegen höherer Vergrößerungen wesentlichen aufnahmetechnischen Vorteil, daß während der Zylinderdrehung im Sehfeld der isolierte Rasterpunkt bzw. ein bestimmter Bildausschnitt der Linienform verbleibt. Auf diese Weise ist es möglich, an gleichbleibender Stelle die Farbspaltung im mikroskopischen Be-

reich analysierend zu verfolgen. In diesem Zusammenhang ist es interessant darauf hinzuweisen, daß sich bei ortsfester (nicht mitlaufender) Optik die Geschwindigkeit im Bild durch Multiplikation der tatsächlichen Objektbewegung mit dem Vergrößerungsfaktor ergibt [49] [50]. Bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 1 m/s und 100facher Vergrößerung würde sich demnach eine Objektgeschwindigkeit im Bild von 100 m/s ergeben.

Da bei der angewendeten Aufnahmetechnik die zeitliche Aufeinanderfolge der Phasenbilder bekannt ist und in weiten Grenzen variiert werden kann, sind z. B. die Zeiten, welche bis zum

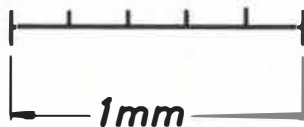
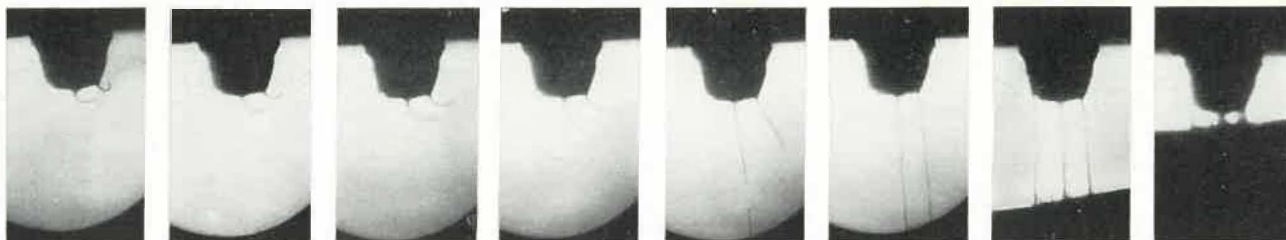


Bild 43

Bild 43 Farbspaltung bei stationärer Beleuchtung. Druckfarbe: starkes pritzendes Rot. Maschinengeschwindigkeit: ≈ 4000 Upb. Blitzfrequenz: $2000/s$
(Zu Beginn des Vorgangs nicht alle Phasenbilder der Serie wiedergegeben.)

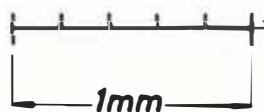
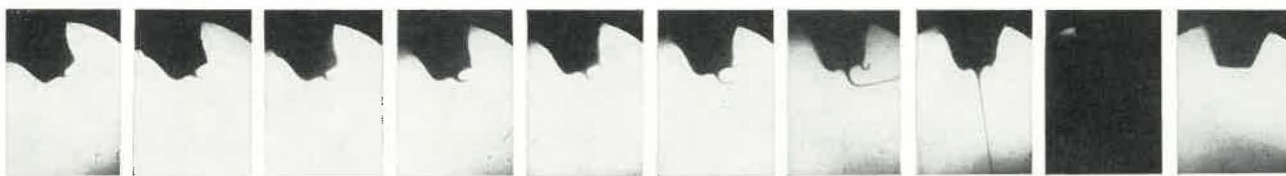


Bild 44

Bild 44 Farbspaltungsvorgang bei mitlaufendem Licht. Druckfarbe: starkes pritzendes Rot. Maschinengeschwindigkeit: ≈ 4000 Upb. Blitzfrequenz: $100/s$



Bild 45

Bild 45 Farbspaltungsvorgang bei mitlaufendem Licht. Druckfarbe: Offsetgelb. Maschinengeschwindigkeit: ≈ 2000 Upb. Blitzfrequenz: $100/s$

Erreichen der maximalen Fadenlänge beim Reißen oder zur Rückbildung des gerissenen Fadens bei verschiedenen Druckfarben und unterschiedlichen Versuchsbedingungen auftreten, meßbar.

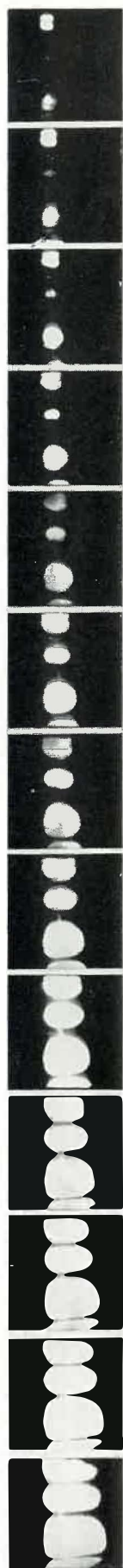
Über dieses Untersuchungsverfahren hat der Verfasser auf der *Seventh International Conference of Printing Research Institutes* im Mai 1963 referiert⁸. In der Diskussion hat dort Prof. Zettlemoyer bemerkt, daß die Vorgänge nach der Spal-

tung, insbesondere bei geschlossenen Farbschichten, besondere Beachtung verdienen würden.

3.2 Ergebnisse

Die Verfahrensweise bei der Durchführung von Untersuchungen mit der aus *Strobokin*, Trommelkamera und Druckmaschine bestehenden Meßanlage wurde bereits beschrieben. Das Einfärben des Rasterpunktes (Silber) oder der Linienform (Messing) kann über das Maschinenfarbwerk durch Umspannen der Druckform (Messingstreifen) erfolgen. Einfacher ist es jedoch,

⁸ Beitrag zur Veröffentlichung eingereicht.



≈ 2000 U_{ph}



≈ 4000 U_{ph}



≈ 8000 U_{ph}

Bild 46

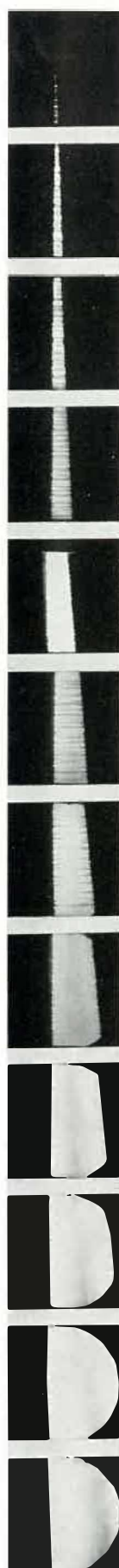


Bild 47

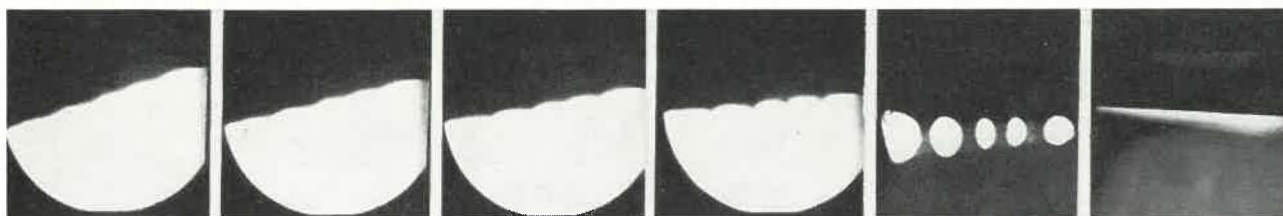


Bild 46

Farbspaltungsvorgang bei stationärer Beleuchtung
Druckfarbe: Offsetgelb. Blitzfrequenz: 2000/s

Bild 47

Farbspaltung bei stationärer Beleuchtung
Druckfarbe: starkspritzendes Rot
Maschinengeschwindigkeit: ≈ 4000 U_{ph}
Blitzfrequenz: 2000/s



OFFSETGELB

BUCHDRUCKGLANZSCHWARZ

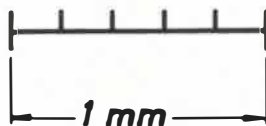


Bild 48

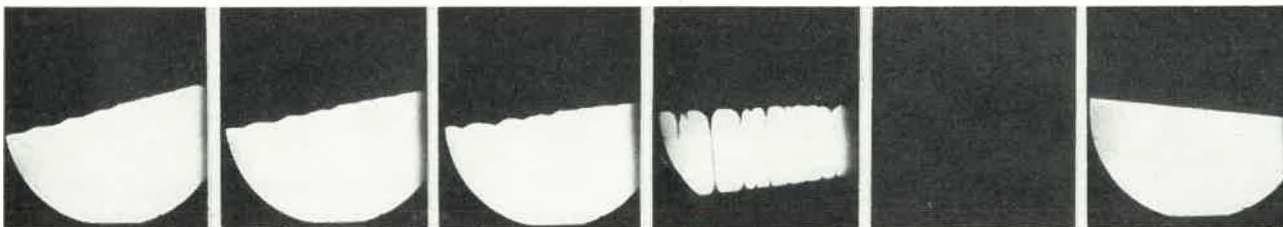


Bild 48 Farbspaltungsvorgang bei mitlaufendem Licht. Maschinengeschwindigkeit: ≈ 4000 Uph. Blitzfrequenz: 100/s

einen bestimmten Bereich des Gummituchs mit dem kleinen Druckzylinder des Fogra-Bedruckbarkeitsgerätes einzufärben, der die notwendige Farbmenge vom zugehörigen Einfärbegerät erhält. Der Druckzylinder des Bedruckbarkeitsgerätes befindet sich im Bild 38 auf dem Gummizylinder in Einfärbestellung. Eingefärbt wird unabhängig vom Druckvorgang. Die Untersuchungen wurden im klimatisierten Maschinenraum bei einer Temperatur von 20°C durchgeführt, die auf \pm einige Zehntel Grad konstant gehalten werden konnte. Ausgewählte Ergebnisse von Untersuchungen über das Farbspaltungsverhalten sollen im folgenden die Möglichkeiten des angewendeten Verfahrens und den Vorgangsablauf kennzeichnen. Die Bildqualität der Ergebnisse wird durch die Wiedergabeform etwas beeinflusst.

Bild 40 gibt den Farbspaltungsvorgang im Rasterpunktbereich bei niedriger Maschinengeschwindigkeit und relativ geringer Farbmenge wieder. Diese und auch die nächsten Aufnahmen wurden über das mitlaufende optische System bei stationärer Beleuchtung erhalten. Die Farbe spaltet sich unter Bildung eines sich einschnürenden Fadens. Der Zeitlupenaufnahme ist zu entnehmen, daß die Fadenbildung, also der Ausziehvorgang, $\approx 1/200$ s dauert und die maximale Fadenlänge im Augenblick des ungefähr in der Fadenmitte erfolgenden Reißens $\approx 0,2$ mm beträgt.

Im Rasterpunktbereich kann sich die Farbe unter Bildung eines oder mehrerer Fäden spalten, die sich, wie schon Sjodahl [43] fand, in die Strömung legen können. Bild 41 enthält charakteristische Phasenbilder vom Spaltungsverhalten verschiedener Druckfarben.

Bei dem durch Bild 42 gekennzeichneten Spaltungsverlauf war die Druckgeschwindigkeit und die an der Spaltung beteiligte Farbmenge größer. Es bildeten sich mehrere Fäden. Der ausgeprägteste Faden zerreißt, nachdem er sich auf $\approx 0,45$ mm verlängert hat, in zwei ungleiche Teile. Nach der Trennung knickt der längere Teil um eine Schwachstelle und beginnt sich in die Strömung zu drehen. Es ist vorstellbar, daß der Fadenrest hierbei abreißen kann. Auf diese Weise können also Farbpartikelchen in den Raum gelangen, wie dies beim Spritzen und Stäuben von

Druckfarben auftritt [51] [52]. Voet [53] nimmt an, daß beim Stäuben die Fäden gleichzeitig an zwei oder mehreren Stellen zerreißen, die freien Teile sich zu Tröpfchen zusammenziehen und im Raum schwebend den lästigen Farbstaub bilden. Auf diese Vorgänge können die Strömungsverhältnisse insbesondere dann Einfluß nehmen, wenn während der Farbspaltung sehr dünne lange Fäden entstehen. Darauf weisen nicht nur Bild 42, sondern auch noch weitere Bilder hin.

Charakteristisch für das Spaltungsverhalten der stark spritzen roten Druckfarbe ist, wie aus Bild 43 hervorgeht, das Auftreten mehrerer dünner Fäden, die vor dem Reißen lang ausgezogen werden. Ihre Durchmesser sind kleiner als $0,01$ mm, und es erfolgt anschließend beim Rückbilden ein Orientieren in Strömungsrichtung.

Das Verhalten dieser Druckfarbe wurde auch über einen großen Drehwinkel bei Verwendung von mitlaufendem Licht und reduzierter Blitzfrequenz verfolgt. Bild 44 zeigt diesen Vorgang.

Da mit Hilfe dieser Aufnahmetechnik der Rasterpunkt in jeder Zylinderposition beleuchtet werden kann, wurde die Blitzserie vor Druckbeginn gestartet, es kann daher der farbfreie Rasterpunkt (1. Phasenbild des Bildes 44) auch mit festgehalten werden. Das 2. Phasenbild fällt in den Bereich der Druckzone, und das 3. Bild erfaßt den Farbspaltungsvorgang. Die Farbe spaltet sich dabei mit großer Fadenlänge, und es tritt eine ausgeprägte Strömungsorientierung auf (s. Phasenbild 4). Auffallend ist, daß die Rückbildung des gerissenen Fadens sehr lange dauert. Zwischen der Trenn- und Rückbildungszeit besteht hier ein wesentlicher Unterschied. Die aus den Phasenbildern zu entnehmende Winkelstellung des Rasterpunktes (Zylinderposition) ermöglicht es, die Fadenrückbildung drehwinkelmäßig zu verfolgen.

Bei einer anderen Farbe, niedriger Druckgeschwindigkeit und höherem Farbangebot ist das Zurückziehen des Fadens aus Bild 45 zu entnehmen. Auch hier ist wieder das im Verhältnis zur raschen, vom System aufgezwungenen Ausziehbewegung relativ langsam erfolgende Zurückbilden auffallend.

Um das Spalten einer ausgedehnten Farbschicht untersuchen zu können, wurde eine Linienform verwendet.

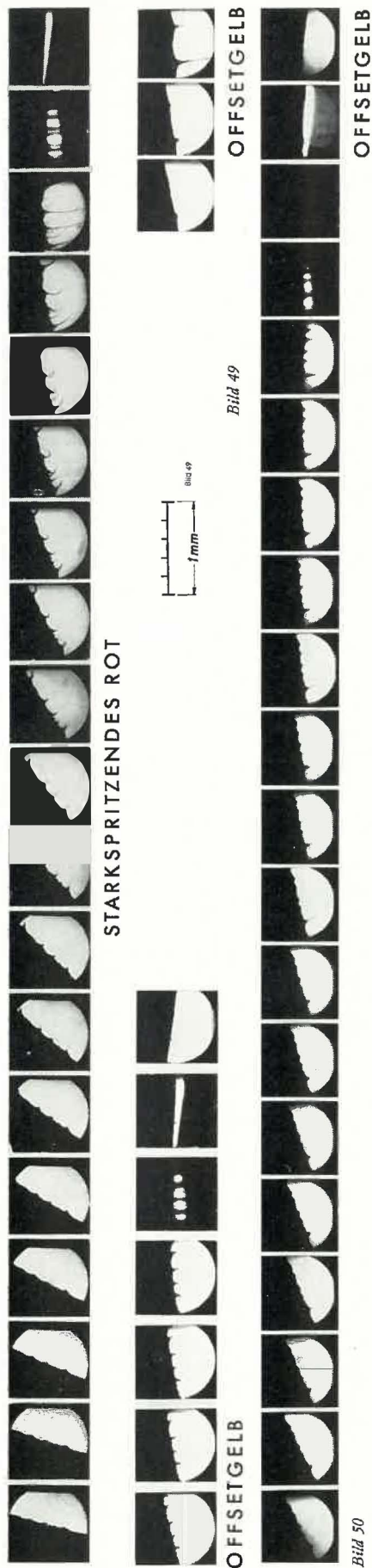


Bild 49
*Farbspaltungsvorgang bei
 mitlaufendem Licht
 (Farbübertragung auf
 Kunstdruckpapier)
 Maschinengeschwindigkeit;
 ≈ 4000 Uph
 Blitzfrequenz: 100/s*

Bild 50
*Farbspaltungsvorgang bei
 mitlaufendem Licht
 (Linienform vorher ein-
 gefärbt).
 Druckfarbe: Offsetgelb
 Maschinengeschwindigkeit;
 ≈ 4000 Uph
 Blitzfrequenz: 250/s*

Bild 46 zeigt für eine Offsetfarbe derartige Vorgänge in Abhängigkeit von der Druckgeschwindigkeit. Den Phasenbildern ist zu entnehmen, daß bei der Druckgeschwindigkeit ≈ 2000 Uph die Farbspaltung durch sehr ausgeprägte Blasenbildung eingeleitet wird und die Trennung der Farbschicht unter Bildung kräftiger, sehr lang werdender Fäden erfolgt. Bei ≈ 4000 Uph nimmt die Fadenlänge ab und die Zahl der Fäden zu, bei ≈ 8000 Uph tritt dieses Verhalten noch deutlicher in Erscheinung.

Zahlreiche lange und sehr dünne Fäden, die sich relativ schnell zurückziehen, ergeben sich beim starkspritzenden Rot, wie Bild 47 zeigt, während des Übertragens einer dünnen Farbschicht vom Gummituch auf die Linienform.

Mitlaufendes Licht wird angewendet, um das auf der Linienform besonders interessante Zurückbilden der getrennten Farbfäden länger verfolgen zu können. Die Phasenbilder der Filmstreifen von Bild 48 zeigen jeweils für zwei verschiedene Farben nacheinander die zunächst farbfreie Oberfläche der Linienform vor dem Eingefärbtwerden, die Farbspaltungsphase mit sehr gleichmäßiger Blasenbildung beim Offsetgelb und den Glättungszustand der Farboberfläche zu verschiedenen Zeitpunkten. Bei einer Reihe von Untersuchungen wurde nicht die Metalloberfläche der Linienform, sondern Kunstdruckpapier eingefärbt, das mit einer sehr dünnen doppeltklebenden Folie (tesafix 966) auf der Form (s. Bild 37, rechts unten) befestigt worden ist; bzw. wurde das Spaltungsverhalten zwischen der bereits eingefärbten Linienform und dem farbführenden Gummizylinder erfaßt. Den in Bild 49 und Bild 50 zusammengestellten derartigen Vorgängen ist zu entnehmen, daß nach der Spaltung die zunächst sehr rauhe Farboberfläche sich nur allmählich zurückbildet. Fadenform und Verlauf der Oberflächenglättung weisen jedoch im Vergleich zu anderen Ergebnissen keine grundsätzlichen Unterschiede auf.

Bei Beurteilung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist besonders herauszustellen, daß nach der schnell erfolgten Spaltung die Glättung der Farboberfläche oft verhältnismäßig langsam fortschreitet. Dieser Zustand wirkt sich ungünstig auf die angestrebte Gleichförmigkeit zu übertragender Farbschichten aus und ist vor allem bei dickeren Farbschichten besonders ausgeprägt. Es sind daher Farben anzustreben, die sich nach der Spaltung sehr schnell zurückziehen. Die angewendete Untersuchungstechnik, die im Detail noch verbesserungsfähig ist, kann hierzu einen Beitrag leisten.

Ergänzend ist noch anzuführen, daß vom Verfasser zum Studium des Farbübertragungsvorgangs im Tiefdruck ebenfalls die hochgeschwindigkeitskinematographische Einrichtung in Verbindung mit dem mitlaufenden optischen System herangezogen worden ist. Unter Verwendung einer transparenten Druckform war es bereits im Prinzip möglich, auf Farbfilm Phasenbilder von der Nöpfchenleerung während des Farbübertragungsprozesses zu erhalten. Auf andere diesbezügliche Versuchsarbeiten wird durch die folgenden Literaturstellen hingewiesen [54] [55].

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegenden Untersuchungen befassen sich im wesentlichen mit dem Trennverhalten des Papiers beim Abziehen von der Farbschicht und mit dem Farbspaltungsprozeß. Dabei wird auch auf bekanntgewordene andere Arbeiten eingegangen. Angewendet wurden hochgeschwindigkeitskinematographische und elektronische Verfahren.

Übersichtsaufnahmen vom Trennverhalten in verschiedenen Maschinensystemen dienen zur allgemeinen Vorgangsbeschreibung. Eingehender sind diese Verhältnisse in einer mit der Offset-Bogenrotationsmaschine des Instituts gekoppelten Druckapparatursstudiert worden. Als Veränderliche des Vorgangs wurden, in Abhängigkeit von der jeweiligen Zylinderstellung, die Position der Trennstelle und die im Papier auftretende Zugkraft ermittelt. Die Einflußnahme der Maschinengeschwindigkeit ist ebenfalls untersucht worden.

Verdruckt wurden verschiedenartige Papiere und der Einfluß bestimmter Papiereigenschaften auf das Trennverhalten ist her-

ausgestellt worden. Es konnte gezeigt werden, daß der Druckprozeß beim Übertragen von unterbrochenen Farbschichten (Streifenmuster) durch die periodische Entlastung des Papiers zusätzlichen Einflüssen unterliegt.

Für zwei verschiedene Abziehwinkel ist der im Bereich der Richtungsänderung des Papiers vorhandene Krümmungsradius experimentell erfaßt worden. Mit Hilfe eines Zweischeibensystems war die Beeinflussung des Trennverlaufs durch verschiedene Zylinderdurchmesser zu ermitteln. Außerdem ist noch kurz auf die Kraftverteilung in von Greifern gehaltenen Bogen eingegangen worden.

Während des Druckprozesses erfährt die Farbschicht infolge der beim abschälenden Trennen des Papiers momentan auftretenden Biegebeanspruchung zunächst eine Druckkraft, die bei einsetzender Spaltung zur Zugkraft wird. Auch dieser Vorgang wurde

experimentell erfaßt und das Ergebnis mit einer bestehenden Theorie verglichen.

Hochgeschwindigkeitskinematographische Analysen vom Spaltungsverhalten verschiedener Druckfarben wurden an der Druckapparatur vorgenommen. Zur Untersuchungseinrichtung gehörte das mitlaufende optische System und eine Punkt- bzw. Linienform, die entweder durch feststehendes oder durch mitlaufendes Funkenlicht beleuchtet worden ist.

Mit Hilfe der angewendeten Untersuchungstechnik war es bei wählbarer Vergrößerung während der Zylinderdrehung möglich, die sich spaltende Farbe stets im gleichen Bereich während einer in weiten Grenzen regelbaren Zeitdauer zu verfolgen. Auf diese Weise konnten interessierende Erscheinungen des Spaltungsverlaufs, insbesondere die Rückzieheffekte und das Geschwindigkeitsverhalten näher verfolgt werden.

LITERATUR-VERZEICHNIS

- Westphal, W.H. (Herausgeber): Physikalisches Wörterbuch, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1952)
- Kolleker, E. u. Matuschke, W. (Herausgeber): Der moderne Druck, Hamerich & Lesser Verlag GmbH, Hamburg (1956)
- Rupp, E.: Chemie und Physik des Flachdrucks, Fachbuchverlag GmbH, Leipzig (1953)
- Tory, B.E.: Offset Lithography, Horwitz Publications Inc., Sydney, Graphic Arts Monthly Inc., Chicago, Sir Isaac Pitman & Sons, London (1957)
- [1] Houwink, R.: Elastizität, Plastizität und Struktur der Materie, Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig (1958), S. 8—13
- [2] Voet, A.: Ink and Paper in the Printing Process, Interscience Publishers Inc., New York-London (1952), S. 74
- [3] Alfrey, T. jr.: Mechanical Behaviour of High Polymers, Interscience Publishers Inc., New York (1948), S. 54
- [4] Freudenthal, A.M.: Inelastisches Verhalten von Werkstoffen, VEB Verlag Technik, Berlin (1955), S. 179—182
- [5] Walker, W.C. and Fetsko, J.M.: A Concept of Ink Transfer in Printing, American Ink Maker, December 1955, ab S. 38, bzw. Zettlemoyer, A.C., Walker, W.C., Fetsko, J.M. and Myers, R.R.: The Transfer of Printing Inks, International Bulletin (1956) Nr. 73, S. 60—64
- [6] Rupp, E. u. Riedel, K.: Beiträge zur Bedruckbarkeit von Papier und Folien, Institut für Grafische Technik, Leipzig (1959), S. 12—17
- [7] Apps, E.A.: Printing Ink Technology, Leonard Hill (Books) Ltd., London (1958)
- [8] Bowles, R.G. (Editor-in-Chief): Printing Ink Manual, W. Hefter & Sons Ltd., Cambridge (1961)
- [9] Voet, A.: Ink and Paper in the Printing Process, Interscience Publishers Inc., New York-London (1952)
- [10] Rupp, E. u. Riedel, K.: Beiträge zur Bedruckbarkeit von Papier und Folien, Institut für Grafische Technik, Leipzig (1959)
- [11] Reed, R.F.: What the Lithographer should know about INK, herausgegeben von Lithographic Technical Foundation Inc., New York (1960)
- [12] Reed, R.F.: What the Lithographer should know about PAPER, herausgegeben von Lithographic Technical Foundation Inc., New York (1959) Deutsche Ausgabe von E. Beyer (Übersetzer): „R.F. Reed: Offsetdruck und Papier“, Selbstverlag der Buntpapierfabrik AG, Aschaffenburg (1960)
- [13] Korn, R. u. Burgstaller, F. (Bearbeiter und Herausgeber): Papier- und Zellstoff-Prüfung, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1953)
- [14] Wagenbauer, K.: Beiträge zum Druckprozeß bei Offset-Bogenrotationsmaschinen, Archiv für Druck und Papier Nr. 3 (1959), S. 239—272
- [15] Struth, W.: Neuere Verfahren der Kurzzeitphotographie und Hochfrequenzkinematographie, Kino-Technik Nr. 9 (1958), S. 230—248 (Veröffentlichung enthält ausführliches Literaturverzeichnis)
- [16] Früngel, F.: Impulstechnik, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig (1960), insbesondere S. 308—385
- [17] Früngel, F.: Hochfrequenzzeitlupen mittels Funkenblitzen, Explosivstoffe (1958), Heft 4, S. 69—79
- [18] Thorwart, W.: Photographische Verfahren zur Analyse kürzester Zeiten, Z. für Instrumentenkunde (1963), Heft 4, S. 87—93, Heft 5, S. 134—141
- [19] Thorwart, W.: Fotografische Analyse schneller Bewegungsabläufe, MFM-monatliche fototechnische mitteilungen (1963), Heft 3, S. 129—131, Heft 4, S. 186—188, Heft 5, S. 230—232
- [20] Gohlke, W.: Mechanisch-elektrische Meßtechnik, Carl Hanser Verlag, München (1955), S. 155—162
- [21] Rose, G.: Fundamente der Elektronik, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin-Borsigwalde (1959), S. 188—194
- [22] Schober, H. (Herausgeber): Photographie und Kinematographie, Verlag Kurt Wesemeyer, Hamburg (1957)
- [23] Gohlke, W.: Mechanisch-elektrische Meßtechnik, Carl Hanser Verlag, München (1955), S. 3—22, 43—55 und 124—129
- [24] Wagenbauer, K.: Beiträge zum Druckprozeß bei Offset-Bogenrotationsmaschinen, Archiv für Druck und Papier, Nr. 3 (1959), S. 263—268
- [25] Borchers, Ch.H.: The Forces Involved in the Transfer of Printing Inks, Penrose Annual, Vol. 51 (1957), S. 80—83, bzw. Borchers, Ch.H. and Bruno, M.H.: Studies of Ink Transfer in Lithography, International Bulletin (1958), Nr. 80, S. 96—102
- [26] Reed, R.F.: Problems of Paper curl, The Litho-Printer 97 (1958), S. 25, 27; siehe auch „Zum Rollen neigende Papiere“ (nach oben angeführter Veröffentlichung von R.F. Reed), Allgemeine Papierrundschau, Nr. 23 (1958), S. 1184—1185

- [27] Truman, A.B. and Hudson, F.L.: Paper stresses in Offset Printing, Paper Technology Vol. 3, Nr. 1 (1962), S. 33—42 und 47/48
- [28] Richter, H.: Neue Schule der Radiotechnik und Elektronik, Bd. I, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, S. 161—163
- [29] v. Angerer, E.—Ebert, H.: Technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig (1952), S. 215—217
- [30] Truman, A.B. and Hudson, F.L.: The Rheological Behaviour of Paper and Ink in the Offset Printing Process, Pulp Paper Mag., Canada 63, Nr. 6 (1962), T 299—T 306
- [31] Truman, A.B. and Hudson, F.L.: The Rheological Behaviour of Paper and Ink in the Offset Printing Process, Pulp Paper Mag., Canada 63, Nr. 6 (1962), T 301, T 302
- [32] Truman, A.B. and Hudson, F.L.: Paper stresses in Offset Printing, Paper Technology, Vol. 3, Nr. 1 (1962), S. 38 (T 6)
- [33] Truman, A.B. and Hudson, F.L.: Paper stresses in Offset Printing, Paper Technology, Vol. 3, Nr. 1 (1962), S. 36 (T 4)
- [34] Reed, R.F.: What the Lithographer should know about PAPER, herausgegeben von Lithographic Technical Foundation Inc., New York (1959) Deutsche Ausgabe von E. Beyer (Übersetzer): „R.F. Reed: Offsetdruck und Papier“, Selbstverlag der Buntpapierfabrik AG, Aschaffenburg (1960) Seite 89—91
- [35] Tory, B.E.: Offset Lithography, Horwitz Publications Inc., Sydney, Graphic Arts Monthly Inc., Chicago, Sir Isaac Pitman & Sons, London (1957), S. 164, 176—178
- [36] Reed, R.F.: Problems of Paper curl, The Litho-Printer 97 (1958), S. 25, 27; siehe auch „Zum Rollen neigende Papiere“ (nach oben angeführter Veröffentlichung von R.F. Reed), Allgemeine Papierrundschau, Nr. 23 (1958), S. 1185
- [37] Howard, J.W. — Jones, W.L.: High Speed Camera Studies of Ink Misting, TAGA part B (1957), Philadelphia, S. 155
- [38] Rupp, E. u. Riedel, K.: Beiträge zur Bedruckbarkeit von Papier und Folien, Institut für Grafische Technik, Leipzig (1959), S. 29—30
- [39] Truman, A.B.: The Theory of Tensile Peeling from a Visco-Elastic Interlayer, Appl. sci. Res. Section A., Vol. 11, S. 401—414
- [40] Truman, A.B. and Hudson, F.L.: The Rheological Behaviour of Paper and Ink in the Offset Printing Process, Pulp Paper Mag., Canada 63, Nr. 6 (1962), T 304, T 305
- [41] Truman, A.B.: The Theory of Tensile Peeling from a Visco-Elastic Interlayer, Appl. sci. Res. Section A., Vol. 11, S. 410
- [42] Zettlemoyer, A.C., Scarr, R.F. and Schaeffer, W.D.: Influence of Ink Properties on Transfer during Printing, International Bulletin (1958), Nr. 80, S. 88—96
- [43] Sjodahl, L.M.: Ink Flow on Rotating Rollers, American Ink Maker 29 (1951), Nr. 3, S. 31—33, 57
- [44] Hull, H.H.: Viscoelasticity of Printing Ink, American Ink Maker 29 (1951), Nr. 9, S. 33—35, 70
- [45] Banks, W.H. and Mill, C.C.: Some observations on the behaviour of liquids between rotating rollers, Proc. Roy. Soc. A. (1954), 223, 414—419
- [46] Blokhuis, G.: Influence of Certain Factors on the Printing Results, International Bulletin (1956), Nr. 73, S. 64—70
- [47] Myers, R.R., Miller, J.C. and Zettlemoyer, A.C.: The Splitting of the Thin Liquid Films, I. Kinematics. Amer. Chem. Soc. Divs. Paint. Plast. Print. Ink. Chem. (1957), S. 191—208
- [48] Howard, J.W.—Jones, W.L.: High Speed Camera Studies of Ink Misting, TAGA part B (1957), Philadelphia, S. 153—162, 193—195
- [49] Michel, K.: Die Mikrophotographie, Springer-Verlag, Wien (1957), S. 658
- [50] Thorwart, W.: Fotografische Analyse schneller Bewegungsabläufe, MFM-monatliche fototechnische mitteilungen (1963), Heft 5, S. 231
- [51] Mill, C.C.: Das Stäuben der Zeitungsrotationsfarben, Adhäsion 4. Jg. (1962), Nr. 1, 29—31, Nr. 2, 75—78
- [52] Tollenaar, D.: Das Stäuben der Druckfarbe, Zeitungs Technik, Nr. 33 (1964), S. 20—23
- [53] Voet, A.: Ink and Paper in the Printing Process, Interscience Publishers Inc., New York-London (1952), S. 80/81
- [54] Howard, J.W.: Photographic Study of Gravure Printing, The American Pressman Vol. 72, Nr. 12 (1962), S. 25—28
- [55] Brill, F.: Fotoanalyse des Druckvorganges im Tiefdruck, Tiefdruck-Jahrbuch 1963. (Herausgegeben vom Fachverband Tiefdruck e.V., Wiesbaden), S. 89—96
- (Firmenunterlagen wurden nicht ins Literaturverzeichnis aufgenommen.)